

520.43090X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): Hideki SAWAGUCHI
Serial No.: Not assigned
Filed: September 2, 2003
Title: RECORDING FORMAT FOR INFORMATION DATE,
INFORMATION RECORDING/REPRODUCING CORDING
CIRCUIT
Group: Not assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

September 2, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby
claim(s) the right of priority based on Japanese Application No.(s) 2003-078426 filed
March 20, 2003.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,
ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/amr
Attachment
(703) 312-6600

For: The Patent Application

Our Ref.: NT1203US

☆List OF THE PRIOR ART REFERENCES CITED
IN THE SPECIFICATION

1. a non-patent reference document 1, "A PRML System for Digital Magnetic Recording" (IEEE Journal of Selected Areas in Communications, vol. 10, pp. 38 to 56, January 1992)
2. a non-patent reference document 2, "Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding: Turbo-codes" (IEEE Proceedings of International Conference on Communications, pp. 1064 to 1070, May 1993)
3. a patent document 1 (Japanese published unexamined patent application No. 2001-285080)

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 3月20日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-078426

[ST.10/C]:

[JP2003-078426]

出 願 人

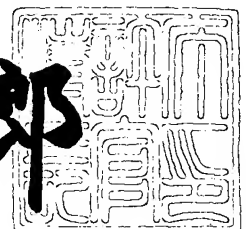
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2003年 6月11日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3045585

【書類名】 特許願
 【整理番号】 NT02P0885
 【提出日】 平成15年 3月20日
 【あて先】 特許庁長官 殿
 【国際特許分類】 G11B 5/00
 H03M 1/00

【発明者】
 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 澤口 秀樹

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094352

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐々木 孝

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 情報記録フォーマット、情報記録再生符号化方法・回路およびこれを用いた磁気ディスク記録再生装置、情報記録再生装置、並びに情報通信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気ディスク記録再生装置において、記録媒体に記録される記録符号系列フォーマットは、記録位置情報の制御や振幅・タイミング制御を行うための付加情報を含んだプリアンプル部と、
第二の冗長符号ビット（パリティ符号ビット）を含む符号ブロックからなる情報符号部と、
第一の冗長符号ビット（パリティ符号ビット）を含む符号ブロックからなる凡長符号部とを有し、
かつ、前記第二の凡長符号部の冗長符号ビットを含む各々の符号ブロックの長さは、第一の冗長符号ビットにより訂正可能な符号シンボル単位以下の長さであることを特徴とする情報記録フォーマット。

【請求項 2】

上記冗長符号ビット（パリティ符号化ビット）は、各符号ブロックに対して所定の位置にまとめて記録されていることを特徴とする請求項 2 に記載の情報記録フォーマット。

【請求項 3】

情報記録媒体から再生された情報符号系列に生ずる符号誤りを検出・訂正する符号誤り訂正符号化を施した情報符号系列を情報記録媒体に記録再生する情報記録再生符号化方法において、
該情報記録媒体に一度に記録される情報符号系列の単位（情報セクタ）には、所定の符号単位（符号シンボル）による誤り訂正を行い、再生された当該セクタ内に生ずる所定個数以下の符号誤りを含んだ符号シンボルを訂正する第一の符号誤り訂正符号化を施し、該情報セクタには、これによる冗長符号列を付加し、
上記の第一の符号誤り訂正符号化が施された情報セクタを、所定の長さを有する

連続した複数の符号系列ブロックに分割し、この各々の符号系列ブロックに対しては、第二の符号誤り訂正符号化を施し、これによる冗長符号を当該の符号系列ブロックに挿入し、

上記の第二の符号誤り訂正符号化を行う符号系列ブロックは、第一の符号誤り訂正符号化における符号シンボルを単位とする符号系列ブロック長を有し、かつ、第一の符号誤り訂正符号化により訂正可能な符号シンボル数以下の符号系列ブロック長を有する符号誤り訂正符号化を施した情報符号系列を情報記録媒体上に記録することを特徴とする情報記録再生符号化方法。

【請求項4】

上記の第二の符号誤り訂正符号化において、上記の符号系列ブロックに対応する符号系列に対し、この符号系列ブロックと等しい符号長を処理単位とする符号置換処理を施して、複数の符号系列ブロックを生成するとともに、この生成された複数の符号系列ブロックにそれぞれ所定の誤り訂正符号化を施し、かつ、このそれぞれの誤り訂正符号化により生成された冗長ビットを当該の符号系列ブロック内の所定の位置に挿入することを特徴とする請求項3に記載の情報記録再生符号化方法。

【請求項5】

上記の第二の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正において、該記録媒体からの再生信号系列から生成される各符号ビットの軟判定情報を用いた符号誤りの検出と訂正を施し、各符号系列ブロックに施される誤り訂正符号化の各々に対応する復号処理として、再生信号系列から生成された該判定情報とともに、他の復号処理の結果得られた各符号ビットに対する軟判定復号の情報を用いて、再び復号処理を繰り返し、かつ、上記の処理を所定回数繰り返した後にこの結果を情報符号系列の再生結果として出力することを特徴とする請求項4に記載の情報記録再生符号化方法。

【請求項6】

上記の第一の符号誤り訂正符号化がなされた符号系列に対しては、冗長符号が付加された情報セクタ長を処理単位とする符号置換処理を施すことを特徴とする請求項5に記載の情報記録再生符号化方法。

【請求項 7】

上記の第二の符号誤り訂正符号化および該情報セクタに対する符号誤りの検出・訂正において、該記録媒体からの再生信号系列とともに、上記の所定回数の復号処理の後に得られた各符号ビットに対する軟判定復号の情報を用いて、各符号ビットに対する軟判定復号の情報を再生成し、これを用いて、上記第二の符号誤り訂正符号化を繰り返すことを特徴とする請求項 6 に記載の情報記録再生符号化方法。

【請求項 8】

上記の第一の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正、または、第二の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正の繰り返しは、第一の符号誤り訂正符号化において符号誤りが検出され、かつ、そのすべてを訂正することができなかった場合のみ繰り返すことを特徴とする請求項 5 に記載の情報記録再生符号化方法。

【請求項 9】

上記の情報記録媒体は、磁気ディスク記録媒体であることを特徴とする請求項 3 に記載の情報記録再生符号化方法。

【請求項 10】

情報記録媒体に入力された情報符号系列に対して、該情報符号系列が情報記録媒体から再生されたときに有する符号誤りを検出・訂正するための符号化を施す符号誤り訂正符号化回路を有する情報記録再生符号化回路において、
入力された情報符号系列の該情報記録媒体に一度に記録される情報符号系列の単位（情報セクタ）には、所定の符号単位（符号シンボル）による誤り訂正を行い、再生された当該セクタ内に生ずる所定個数以下の符号誤りを含んだ符号シンボルを訂正する第一の符号誤り訂正符号化を施す符号化回路を有して、これより出力される該情報セクタには、該第一の符号誤り訂正符号化による冗長符号列が付加されて出力され、該第一の符号誤り訂正符号化を施す符号化回路から出力される情報セクタ符号系列の内容を、所定の長さを有する連続した複数の符号系列ブロックに分割して保持する回路を有し、この各々の符号系列ブロックの内容を参照して第二の符号誤り訂正符号化を施す符号化回路と、この各々の符号化回路か

ら出力される冗長符号を当該の符号系列ブロック内に挿入した後、この一連の符号系列ブロックを該情報記録媒体上に記録する符号系列として出力し、該第二の符号誤り訂正符号化を行う符号系列ブロックの符号系列ブロック長は、上記の第一の符号誤り訂正符号化における符号シンボルを単位とし、かつ、該第一の符号誤り訂正符号化により訂正可能な符号シンボル数以下の符号系列ブロック長を有する符号誤り訂正符号化回路とを有し、この符号誤り訂正符号化回路により、情報符号系列を情報記録媒体上に記録するための符号系列を変換した後、これを信号出力することを特徴とすることを特徴とする情報記録再生符号化回路。

【請求項 1 1】

上記の第二の符号誤り訂正符号化を行う符号化回路は、上記の符号系列ブロックに対応する符号系列に対し、この符号系列ブロックと等しい符号長を処理単位とするための符号置換回路と、この符号系列ブロックと等しい符号置換結果を保持するための記憶回路とを有するとともに、この複数の記憶回路の内容を参照して、それぞれに所定の第二の符号誤り訂正符号化を施す符号化回路を有し、かつ、このそれぞれの符号化回路により出力された冗長ビットを予め記憶回路に保持された当該の符号系列ブロック内の所定の位置に挿入する回路手段を有することを特徴とする請求項 1 0 に記載の情報記録再生符号化回路。

【請求項 1 2】

上記の第二の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正には、該記録媒体から供給される再生信号系列を入力し、各符号ビットの軟判定情報を出力する軟判定復号器が具備され、各符号系列ブロックに施された誤り訂正符号化の各々を用いて符号誤りを検出・訂正する複数の誤り訂正復号回路の各々は、該軟判定復号器から出力される各符号ビットに対する軟判定情報を入力するとともに、他の誤り訂正復号回路から出力される軟判定情報を入力して、各符号系列ブロックに対して複数回の符号誤り検出・訂正処理を繰り返し、かつ、上記の符号誤り検出・訂正処理を所定回数繰り返した後に、この結果を情報符号系列の再生結果として出力することを特徴とする請求項 1 1 に記載の情報記録再生符号化回路。

【請求項 1 3】

上記の第一の符号誤り訂正符号化を施す符号回路からの出力符号系列に対して

は、冗長符号を付加された情報セクタ長の内容を保持する記録回路と、この情報セクタの符号内容を参照し、置換処理して出力する符号置換回路とが具備され、この符号置換回路から出力される符号列に対して、上記第二の符号誤り訂正符号化を施し、かつ、該情報セクタに対する符号誤りの検出・訂正において、該記録媒体から供給される再生信号系列を入力するとともに、上記の所定回数の符号誤り検出・訂正処理の結果、得られた各符号ビットに対する軟判定情報を入力して、各符号ビットに対する軟判定復号の情報を再び出力し、これを用いて、上記第二の符号誤り訂正符号化を繰り返す回路とを有することを特徴とする請求項 1 2 に記載の情報記録再生符号化回路。

【請求項 1 4】

上記の第一の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正処理、または、上記の第二の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正処理の繰り返しは、第一の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正処理において、符号誤りが検出され、かつ、そのすべてを訂正することができなかった場合のみ繰り返されることを特徴とする請求項 1 2 に記載の情報記録再生符号化回路。

【請求項 1 5】

上記の第一の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正処理、または、上記の第二の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正処理の繰り返しの回数、または、最大の繰り返し回数は、該情報記録符号化回路の外部から設定するものであり、これを設定し保持するための記憶回路、または、これに設定するためのレジスタおよびインターフェースを具備することを特徴とする請求項 1 2 に記載の情報記録再生符号化回路。

【請求項 1 6】

上記の第一の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正処理、および上記の第二の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正処理の繰り返しの回数、または、最大の繰り返し回数は、該情報記録符号化回路の外部から設定するものであり、これを設定し保持するための記憶回路、または、これに設定するためのレジスタおよびインターフェースを具備することを特徴とする請求項 1 2 に記載の情報記録再生符号化回路。

【請求項 1 7】

上記の記録媒体から供給される再生信号系列に所定の符号長さの信号消失を加えるとき、または、設定された繰り返し回数を増加させるとき、該再生信号系列が入力されてから、当該の再生信号系列に対する情報符号系列の復号結果が出力されるまでの時間が増加することを特徴とする請求項 1 2 に記載の情報記録再生符号化回路。

【請求項 1 8】

上記の第一の誤り訂正符号化による符号誤り検出・訂正処理を不能として、該記録媒体から供給される再生信号系列に所定の符号長さの信号消失を加えるとき、符号長さが符号列ブロック長以下のある値を超える場合に、情報符号系列の復号結果に生ずる符号誤りが、この信号消失の長さより長く、かつ、符号列ブロック長の長さ以下に限定することを特徴とする請求項 1 2 に記載の情報記録再生符号化回路。

【請求項 1 9】

上記の第一の誤り訂正符号化による符号誤り検出・訂正処理において、誤り訂正符号が不可能であることを示すフラグが送出されたとき、再生信号系列が入力されてから、当該の再生信号系列に対する情報符号系列の復号結果が出力されるまでの時間が増加することを特徴とする請求項 1 2 に記載の情報記録再生符号化回路。

【請求項 2 0】

上記の再生信号系列に対する情報符号系列の復号結果が出力されるまでの時間の増加は、当該の情報セクタの符号内容が出力される時間長以下であることを特徴とする請求項 1 9 に記載の情報記録再生符号化回路。

【請求項 2 1】

請求項 1 0 に記載の情報記録符号化回路を搭載することを特徴とする集積回路。

【請求項 2 2】

請求項 1 0 に記載の情報記録符号回路または集積回路を搭載することを特徴とする磁気ディスク記録再生装置。

【請求項 2 3】

請求項 1 0 に記載の情報記録符号回路または集積回路を搭載することを特徴とする情報記憶再生装置。

【請求項 2 4】

請求項 1 0 に記載の情報記録符号回路または集積回路を搭載することを特徴とする情報通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気・光記録をはじめとした高密度・大容量情報記憶再生装置において、情報符号の記録再生を高速・高信頼度で行うための情報記録フォーマット、情報記録再生符号化方法、および情報記録再生符号化回路と、これを用いた磁気ディスク記録再生装置、情報記録再生装置並びに情報通信装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

高速・高密度での情報記録を実現する上では、記録媒体上に記録された情報をより高信頼度で忠実に再現するための信号処理技術が重要な役割を果たしている。とりわけ、高密度磁気ディスク記録再生装置に代表される大容量記憶デバイスでは、長期に保持されるデータの信頼性を確保するだけでなく、高密度記録により生ずる様々な外乱要因や記録要素の微小化に伴う記録再生信号の品質の低下を救済して、より安価で高密度な情報記録再生を実現する上でも、記録再生信号から情報データへのより高精度な変換処理技術の実現が望まれている。

【0 0 0 3】

こうした技術課題を背景とする技術として開発され、現在広く磁気ディスク製品などに応用される信号処理技術には、パーシャルレスポンス (Partial-Response) 等化方式と最尤 (Maximum-Likelihood) 復号方式を組み合わせた PRML 方式があり、たとえば、非特許引用文献 1 “A PRML System for Digital Magnetic Recording” (IEEE Journal of Selected Areas on Communications, vol.10, pp.38-56, January 1992) などにその実施の方法が詳細に開示されており、本

開示技術は、高密度記録で生ずる符号間干渉の問題を緩和しながら、より低い信号対雑音（SN）品質での再生信号からデータへの復調処理を可能としている。

【0004】

一方、一般的な記憶デバイスのデータ信頼性を保全するための方法には、誤り訂正符号化技術により再生データに発生する符号誤りを訂正する手段が広く知られており、古典的代数符号系により構成される符号化方法、とりわけ、リード・ソロモン符号化などの誤り訂正符号化技術が、大容量記録デバイスには最も幅広く適用されている。このリード・ソロモン符号化は、記録される符号系列に符号誤りを検査するための冗長符号を予め付加することにより、再生された符号系列上に発生した符号誤りを、所定の長さのシンボル単位で所定個数まで訂正することを可能にする。

【0005】

一般に n ビットをシンボル長としてこの符号を構成する場合、最大 $2^n - 1$ シンボルの符号列を構成することができ、冗長シンボル数を 2^t 個付加することにより、符号列内任意の t 個の誤りシンボルを訂正することができる。このように、シンボル単位での最大訂正能力を設定できるリード・ソロモン符号の使用は、再生された符号上の誤り保証を容易に規定することができ、また、最大訂正シンボル数内での任意の符号誤り事象を訂正できる強力な誤り訂正処理を実現することができることから、広く記録デバイスに適用され、データ信頼性を保証する一般的な技術として、高密度情報記録に大きく寄与している。

【0006】

しかし、さらなる高密度記録を実現するにあたっては、この誤り訂正符号化技術の強化による符号誤り許容能力の増加が要求される。符号訂正能力の強化には、冗長符号数を増加する方法が容易であるが、一方で情報記録において、冗長符号の増加は、実効的な記録密度をさらに高める必要があることから、この方法には、自ずと限界がある。

【0007】

冗長符号を増加せずに、この誤り訂正符号化の能力を強化する別の手法には、軟判定情報を用いた誤り訂正復号方法の適用があり、誤り訂正符号に対して、軟

判定繰り返し復号による最尤復号を実施する新たな符号化技術として、近年、ターボ符号化による誤り訂正技術の適用がデータ通信分野を中心として進展している。このターボ符号化技術は、1993年にC. Berrouらにより提案がなされ、例えば非特許引用文献2 “Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding: Turbo-codes” (IEEE Proceedings of International Conference on Communications, pp.1064-1070, May 1993)に開示されている。

【0008】

このターボ符号化技術では、同一の情報符号系列をランダムに置換（インターリーブ）した複数の符号系列を生成し、この複数の符号系列に対して、それぞれ簡易な誤り訂正符号化を施して冗長度を付加する接続符号化の形態をとる。また、復号時には、これら複数の誤り訂正符号化の冗長度を用いて、個々に軟判定復号を行い、一方の軟判定復号を行うにあたっては、それまでの他方の軟判定復号結果を各符号の事前情報として利用しながら、繰り返し復号動作を行うことによって、徐々に符号系列全体に対する最尤符号系列結果を得ることのできる技術である。上記のようにターボ符号化技術は、ランダム符号化に対する最適復号を実現する手段を与えており、シャノンの符号化利得限界を現実的な回路規模で実現する伝送符号化および復号の手法として脚光を浴びている技術である。同様に、本技術を情報記録装置の記録再生系に応用することにより、再生符号系列上に発生するランダム符号誤りを強力に訂正することが可能となり、符号冗長度の付加による利得限界を現実的なハードウェア規模と速度で達成することが期待できる。

【0009】

しかしながら、実際の磁気ディスク記録再生装置においては、雑音要因のランダム符号誤りに加えて、磁気記録媒体上に存在しうる欠陥や磁気ヘッド・媒体系の偶発的接触に起因して発生する連続的なバースト信号欠陥が存在するため、この両者による符号誤りを効率的に改善する手段が必要となる。このような、信号環境において、上記のターボ符号化技術は、前者のランダム符号誤りに対しては、前述の原理が有効に作用して極めて高い符号訂正能力を発揮することができるが、一方で、後者のバースト信号欠陥に対しては、その個々の符号に対する軟判

定情報を適切に生成することができないことから、本来の訂正能力を発揮することができない。また、ある特定のランダム雑音の重畳に対しても、極稀に符号誤りを訂正することができず、これらの場合には、上述の情報符号系列のランダム置換（インターリーブ）操作に起因して、最終的に符号誤りが符号系列全体に拡大、増加する結果となる。

【0010】

また、特許文献1（特開2001-285080）には、畳み込みインターリーブを用いて復号時における消失訂正を行う復号装置が開示されているが、上記の問題点を解決する手段を提供するものではない。

【0011】

このような、従来技術の状況においては、前述のリードソロモン符号化による誤り訂正手段を付加しても、データの復元を保証することはできず、高信頼度なデータ保全を要求される大容量記憶再生デバイスに対して、従来開示される形態でのターボ符号化原理を適用することは、極めて困難である。また、リードソロモン符号化などの硬判定の代数的手段による符号化および復号手段では、訂正可能な符号誤りの数を事前に明示して、符号設計することができるが、ターボ符号化では、軟判定情報に基づく誤り検出・訂正を実行するため、明確にこれを明示することができない。このことは、従来技術における高密度高速化の高度化を実現する記憶再生デバイスの信頼性設計を極めて困難なものとし、ターボ符号化の該デバイスへの適用をより難しくしている。

【0012】

【非特許文献1】

「“A PRML System for Digital Magnetic Recording” (IEEE Journal of Selected Areas on Communications, vol.10, pp.38-56, January 1992)」

【非特許文献2】

「“Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding: Turbo-codes” (IEEE Proceedings of International Conference on Communications, pp. 1064-1070, May 1993)」

【特許文献1】

「特開 2 0 0 1 - 2 8 5 0 8 0」

【0 0 1 3】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記のターボ符号化の原理を磁気ディスク記録再生装置に代表される高密度高速な情報記録再生系に適用して、記録再生における誤り訂正能力を向上させ、情報記録の高密度化と高速化の更なる高度化を実現することを目的とする。

【0 0 1 4】

本発明が解決する課題は、高密度高速情報記録再生装置への上記のターボ符号化の原理適用におけるこれら現実的問題を解決することにある。すなわち、本発明は、ターボ符号による誤り訂正の失敗による符号誤り拡散の問題を解決し、併せて、ランダム誤りに混入するバースト信号誤りに対しての訂正能力を保證できる誤り符号化構成を提供することにより、現実に存在する上述の2つの符号誤りモードに対する訂正能力を高めることが、その課題の一つである。本発明の解決するさらなる課題は、復号時の繰り返し処理によるデータ復号のレイテンシー低下である。情報符号系列全体を置換処理する操作を含んだ符号系列に対して、復号を繰り返して処理するターボ符号化での復号原理は、情報符号系列の数倍にも及ぶ復号遅延時間が発生する。このような問題は、記憶デバイスでの高速データ転送を実現する上では、非常に大きな問題となる。

【0 0 1 5】

本発明は、上記課題を解決して、ターボ符号化の原理を応用したより強力かつ高速な誤り訂正符号化手段を施した情報記録フォーマット、情報記録符号化方法、回路、これを用いた磁気ディスク記録再生装置、情報記録再生装置、並びに情報通信装置を提供することを目的とする。

【0 0 1 6】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明では、磁気ディスク記録再生装置において、記録媒体に記録される情報記録フォーマットを、記録位置情報の制御や振幅・タイミング制御を行うための付加情報を含んだプリアンプル部と、第二の冗長符

号ビット（パリティ符号ビット）を含む符号ブロックからなる情報符号部と、第一の冗長符号ビット（パリティ符号ビット）を含む符号ブロックからなる凡長符号部とを有し、かつ、前記第二の凡長符号部の冗長符号ビットを含む各々の符号ブロックの長さは、第一の冗長符号ビットにより訂正可能な符号シンボル単位以下の長さであるようにした。

【 0 0 1 7 】

また、本発明では、情報記録媒体から再生された情報符号系列に生ずる符号誤りを検出・訂正する符号誤り訂正符号化を施した情報符号系列を情報記録媒体に記録する情報記録再生符号化方法において、

該情報記録媒体に一度に記録される情報符号系列の単位（情報セクタ）には、所定の符号単位（符号シンボル）による誤り訂正を行い、再生された当該セクタ内に生ずる所定個数以下の符号誤りを含んだ符号シンボルを訂正する第一の符号誤り訂正符号化を施し、該情報セクタには、これによる冗長符号列を付加し、

上記第一の符号誤り訂正符号化が施された情報セクタを、所定の長さを有する連続した複数の符号系列ブロックに分割し、この各々の符号系列ブロックに対しては、第二の符号誤り訂正符号化を施し、これによる冗長符号を当該の符号系列ブロックに挿入し、

上記第二の符号誤り訂正符号化を行う符号系列ブロックは、第一の符号誤り訂正符号化における符号シンボルを単位とする符号系列ブロック長を有し、かつ、第一の符号誤り訂正符号化により訂正可能な符号シンボル数以下の符号系列ブロック長を有する符号誤り訂正符号化を施した情報符号系列を情報記録媒体上に記録するようにした。

【 0 0 1 8 】

さらに、本発明では、情報記録媒体に入力された情報符号系列に対して、該情報符号系列が情報記録媒体から再生されたときに有する符号誤りを検出・訂正するための符号化を施す符号誤り訂正符号化回路を有する情報記録再生符号化回路において、

入力された情報符号系列の該情報記録媒体に一度に記録される情報符号系列の単位（情報セクタ）には、所定の符号単位（符号シンボル）による誤り訂正を行い

、再生された当該セクタ内に生ずる所定個数以下の符号誤りを含んだ符号シンボルを訂正する第一の符号誤り訂正符号化を施す符号化回路を有して、これより出力される該情報セクタには、該第一の符号誤り訂正符号化による冗長符号列が付加されて出力され、該第一の符号誤り訂正符号化を施す符号化回路から出力される情報セクタ符号系列の内容を、所定の長さを有する連続した複数の符号系列ブロックに分割して保持する回路を有し、この各々の符号系列ブロックの内容を参照して第二の符号誤り訂正符号化を施す符号化回路と、この各々の符号化回路から出力される冗長符号を当該の符号系列ブロック内に挿入した後、この一連の符号系列ブロックを該情報記録媒体上に記録する符号系列として出力し、該第二の符号誤り訂正符号化を行う符号系列ブロックの符号系列ブロック長は、上記の第一の符号誤り訂正符号化における符号シンボルを単位とし、かつ、該第一の符号誤り訂正符号化により訂正可能な符号シンボル数以下の符号系列ブロック長を有する符号誤り訂正符号化回路とを有し、この符号誤り訂正符号化回路により、情報符号系列を情報記録媒体上に記録するための符号系列を変換した後、これを信号出力するようにした。

【 0 0 1 9 】

さらにまた、上記の回路を磁気ディスク記録再生装置、情報記録再生装置、ならびに情報通信装置に搭載するようにした。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

まず、本発明で実施した情報記録再生符号化方法の概要をのべる。本発明の情報記録再生符号化方法においては、ターボ符号化による符号構成と硬判定リードソロモン符号化を接続させることにより、ランダム符号誤りとバースト信号誤りの両者を効果的に訂正する符号化を実施した。さらに、本発明では、記録再生の符号情報の単位で情報セクタ全体に対して、所定の冗長度による硬判定リードソロモン符号化によって一定のバースト信号誤りを訂正する（第一の誤り訂正符号化）とともに、この情報セクタ全体を複数の符号ブロック単位に分割して、この符号ブロック後とにターボ符号化を施す接続符号化（第二の誤り訂正符号化）を実施した。このように、分割されたブロックに対するターボ符号化を施すとき、

軟判定情報による符号誤りの訂正失敗による符号誤り拡散が生じて、この符号ブロックの範囲にとどめることができる。したがって、この符号ブロックの大きさを当該セクタに付加されたバースト信号誤り訂正符号の最大訂正数以内に制限することにより、ターボ符号化による符号誤り拡散の事象を確実に回復することができる。また、ターボ符号化を複数分割されたより短い符号ブロックに施すことにより、各符号ブロックに対して行われる軟判定繰り返し復号の復号遅延をより小さく抑えることができる。

【0021】

また、上記の符号化構成による誤り訂正では、第一の誤り訂正符号化によるバースト信号誤り訂正を失敗した場合、さらに強力な誤り訂正効果を得るために、既に得られた軟判定符号化情報を帰還して、あらたに再生信号からの軟判定情報を生成しなおすことにより、より確実にデータ再生を行うことができるようになる。第二の誤り訂正符号化による軟判定復号の結果、セクタ全体に分散された符号のうち多くのものに対しては、確からしい符号情報が得られおり、また、より広いセクタ全体に分散配置されることにより、バースト信号劣化の影響を免れやすいことから、これを、新たに入力された再生信号情報とともに活用し、事前の符号情報として用いることにより、より高い精度の軟判定情報を生成して、符号誤りを減らすことが可能となる。このような、セクタ単位の繰り返し復号は、復号遅延時間を過大に増加させるが、本発明のように、第一の誤り訂正符号化でのエラー訂正が不可能であった場合のみ、データの再読み出し（リトライ動作）を行う場合のみに限定して、この繰り返し処理を行うことにより、ストレージデバイスの実効的なデータ読み出し時間を著しく短縮することが可能となる。

【0022】

以上の誤り訂正符号化方法と復号方法の構成から、これを用いた符号化回路は、個々の繰り返し復号の実施回数、および、最大の実施回数を設定できる手段を備えて、以下の特徴を有することになる。

【0023】

(1) 記録媒体から供給される再生信号系列に所定の符号長さの信号消失を加えて連続エラーを発生させるとき、または、設定された繰り返し回数を増加させ

たとき、該再生信号系列が入力されてから、当該の再生信号系列に対する情報符号系列の復号結果が出力されるまでの時間が増加する。

【 0 0 2 4 】

(2) 第一の誤り訂正符号化による符号誤り検出・訂正処理を不能として、該記録媒体から供給される再生信号系列に所定の符号長さの信号消失を加え連続エラーを発生させるとき、符号長さが符号列ブロック長以下のある値を超える場合に、情報符号系列の復号結果に生ずる符号誤りが、この信号消失の長さより拡大し、かつ、符号列ブロック長以下の長さに限定されて生ずる。

【 0 0 2 5 】

(3) 第一の誤り訂正符号化による符号誤り検出・訂正処理において、誤り訂正符号が不可能であることを示すフラグが送出されたとき、あるいは、リトライモード使用されるときに、再生信号系列が入力されてから、当該の再生信号系列に対する情報符号系列の復号結果が出力されるまでの時間が増加ことを特徴とする。また、この時間の増加は、当該の情報セクタの符号内容が出力される時間長以下の単位で変化する。このような特徴から、上記の符号化手段による符号誤り訂正手段が具備されていることが実証される。以下、図面を用いて、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【 0 0 2 6 】

〔実施例 1〕

図 1 は、本発明を実施するための情報記録再生系の全体構成例を示している。本発明は、高密度・大容量磁気記録再生装置（磁気ディスク装置）におけるヘッド・記録媒体系 2 0 0 に対し、高信頼度で情報符号を記録再生することを目的として、記録再生信号処理回路 1 において実施される。なお、本発明は磁気ディスク装置のみならず、磁気・光・光磁気記録などを用いた高密度・大容量上記録再生装置に同様に適用出来るものである。この図 1 に示す記録再生信号処理回路 1 は、一般に大規模半導体集積回路の形態で実現され、その基本的機能は、記録符号情報 1 0 1 を記録信号電流 1 0 5 に変換処理してヘッド・記録媒体系 2 0 0 に供給する記録処理系 1 0 0 と、該ヘッド・記録媒体系 2 0 0 からの再生信号 3 0 5 を再生符号情報 3 0 1 に再生変換するための再生処理系 3 0 0 との 2 つの処理

過程から構成される。本発明は、この再生処理系 3 0 0 での情報再生処理において、可能な限り符号誤りを低減し、この再生符号情報 3 0 1 を高信頼度で復調処理するため、記録処理系 1 0 0 における記録符号情報 1 0 1 の変換処理方法と再生処理系 3 0 0 における再生符号情報 3 0 1 への再生変換処理方法に対して、ターボ符号原理に基づく実用的な情報記録再生符号化方法を含む記録再生処理方法を提供するとともに、該記録再生信号処理回路 1 に対して、この記録再生処理方法を実現するための情報記録再生符号化回路を含む具体的構成回路手段を実現し、かつこの回路を用いた磁気ディスク記録再生装置、更には情報記録再生装置、情報通信装置を実現した点に特徴がある。

【 0 0 2 7 】

記録処理系 1 0 0 は、コンピュータあるいは周辺装置の上位ホストコントローラから伝送される情報符号系列 1 0 1 を入力し、これを符号器(回路) 1 0 2 において記録符号系列 1 0 3 へと変換処理した後、記録電流変換回路 1 0 4 にて所望の記録信号電流系列 1 0 5 に変換出力する過程からなる。この記録電流変換回路 1 0 4 では、それ以後のヘッド・記録媒体系 2 0 0 の記録過程を想定した記録電流レベルの制御や適切な電流レベル変化点の位相の補償がなされ、ここから出力された記録信号電流系列 1 0 5 は、記録増幅器 1 0 6 を介して、ヘッド・記録媒体系 2 0 0 内の記録ヘッドに供給されて、これを介して、磁気ディスク記録媒体(他の情報記録再生装置の場合、例えば、光ディスク記録再生装置の場合は光ディスク記録媒体)上の所望の位置に符号情報系列 1 0 1 に対応する符号情報が物理的に記録される。この記録された符号情報は、ホストコントローラからの指示により、所望の時刻・記録個所から再生ヘッドにより読み出され、再生増幅器 3 0 6 を介して、電氣的信号(電圧変化)である再生信号系列 3 0 5 として出力される。

【 0 0 2 8 】

再生処理系 3 0 0 では、この再生信号系列 3 0 5 を、再生増幅器(回路) 3 0 6 を介して入力し、これに、再生電圧の振幅調整、雑音除去のためのフィルタ処理、アナログ信号からデジタル信号への変換、あるいは、再生信号波形の整形処理(波形等化)などからなる所定の再生信号処理を再生信号処理回路 3 0 4 におい

て施す。とりわけ、現行の高密度記録の磁気ディスク装置などでは、P R M L (パーシャルレスポンス・マキシマムライクリーフッド)方式と呼ばれるデータ再生信号処理の原理が一般的に用いられており、本実施例においても、このデータ再生方式の適用が前提とされる。

【 0 0 2 9 】

この実施方法については、例えば前述の非特許引用文献 1 などに詳細が開示されている。一般に上述 P R M L 方式では、入力されたアナログの再生信号が、所望の信号レベルに制御され、情報符号ビットの時間間隔で離散化・量子化されたデジタル信号へと変換された後に、デジタルフィルタによるパーシャルレスポンス波形等化処理(符号間干渉制御)及び、最尤復号器(回路)(マキシマムライクリーフッドディテクタ)による再生符号情報の検出が行われる。本実施例では、このアナログ再生信号入力から、再生符号情報の検出直前までのパーシャルレスポンス波形等化の出力である復号信号系列 3 0 3 (一般には、デジタル信号系列)を生成する信号処理過程が、再生信号処理回路 3 0 4 において実施される。

【 0 0 3 0 】

さらに再生処理系 3 0 0 では、再生信号処理回路 3 0 4 から出力される復号信号系列 3 0 3 を、復号器(回路) 3 0 2 を介して、元の情報符号系列 1 0 1 に対応する再生符号系列 3 0 1 に変換する。このとき復号器(回路) 3 0 2 では、上述の最尤復号器によるデータ軟判定復号とともに、前記符号器 1 0 2 において施される本発明特有の誤り検出訂正符号化を利用した誤り検出訂正復号処理を実施する。

【 0 0 3 1 】

この誤り検出訂正符号化処理および復号処理については、図 2 以降の実施例において詳述される。このように、記録処理系 1 0 0 と再生処理系 3 0 0 の処理の流れは、互いに逆変換に相当するものであり、符号器 1 0 2 と復号器 3 0 2、記録信号処理回路 1 0 4 と再生信号処理回路 3 0 4 は、機能的に双対な関係にある。また、この情報符号系列 1 0 1 から再生符号系列 3 0 1 までの一連の流れは、データ通信伝送系における一連の処理の流れと完全に対応をとることができ、本発明の基本的実施の流れは、ヘッド・媒体系 2 0 0 を情報伝送路系に置き換える

ことにより、これら通信伝送システムすなわち情報通信装置への適用も可能である。

【 0 0 3 2 】

本発明は、この情報符号系列 1 0 1 から再生符号系列 3 0 1 までの変換および復元をより高い精度と信頼度で実現し、記録媒体からの再生信号系列 3 0 5 の信号品質が、ヘッド・媒体系 2 0 0 における様々な外乱要因により低下し、この忠実な情報の記録再生（伝送）を妨げられることを補償する、あるいは、より高い密度での媒体上への情報記録（高速でのデータ伝送）する方法及びこれを具体化した回路を実現した。これを実施するため、本発明では、再生符号系列 3 0 1 上に発生する符号誤りをより強力に検出・訂正する方法を具体化する回路として、符号器 1 0 2 および復号器 3 0 2 において、ターボ符号・復号の原理に基づく符号誤りの検出訂正回路を設けた。

【 0 0 3 3 】

このターボ符号・復号は、符号性能の理論限界であるシャノンの通信路容量限界に近い性能を示す符号化方法として知られており、C.Berrouらにより、並列連接畳み込み符号による符号化・復号の原理と構成が前述の非特許文献 2 等の開示されている。（" Near Shannon limit error correcting coding and decoding: Turbo codes (I), in Proc. ICC'93, May 1993, pp. 1064-1070）この連接畳み込み符号による符号化は、2 つの畳み込み符号器を、情報伝送単位の符号長さに等しいインターリーバを介して接続する装置により行われる。そして、この連接畳み込み符号の復号は、軟判定符号情報を入出力する 2 つの符号回路により構成される装置を用いて行われ、2 つの復号回路の間で各符号の軟判定情報を、繰り返して交換する反復繰り返し復号を行って、最終的な復号結果を得る。このような、軟判定繰り返し復号は、連接符号化に対する最尤復号を実効的に実現して、符号化に対して最大尤度の符号系列復号を実現することができる。

【 0 0 3 4 】

本発明は、このターボ符号・復号の原理を符号器 1 0 2 と復号器 3 0 2 で実現し、上記情報符号系列の記録・再生の信頼度を格段に向上させる手段を与えるものであるが、同時に、現実的な情報記録再生系で起こりうる種々の雑音外乱要因

により、ターボ符号・復号による符号誤り訂正が失敗する場合を回復して、該情報記録再生系の信頼性をより高い確率で保持するための具体的方法および回路を与えている。また、同時に繰り返し復号による復号処理の遅延を実用的な程度に低減する方法および回路、並びにそのための情報記録フォーマットを与える。

【 0 0 3 5 】

一般にターボ符号・復号では、軟判定符号情報を用いて繰り返し復号を行い、このとき復号間では、符号時に用いられたインターリーブ処理と同様な符号情報の置換処理（シャフリング）が施される。公知のターボ符号化において、この置換処理は、構成符号全体を単位として行われることから、極稀な確率で特異な雑音重畳が起こる場合、反復復号は、収束せず、符号誤りを拡散させる現象が起こりうる。これは、比較的良好な雑音状態においても、符号構成に依存した有意な確率で発生しうる現象であり、誤り率特性の上では、エラーフロアと呼ばれるエラー飽和特性としてよく知られている。このような、符号化システムでは、再生信号 S N の品質を改善できたとしても、このエラー飽和特性以下の信頼性での情報再生を行うことができない。

【 0 0 3 6 】

また、上記の軟判定復号は、ランダム雑音の重畳を仮定する軟判定符号情報を用いるものであるから、記録媒体上のバースト欠陥等に起因した連続した再生信号の消失や異常なレベル変動・オフセットなど、連続した信号の劣化には極めて弱く、この場合も符号誤りを拡大させることとなる。こうした状況を修復する手段として、このターボ符号化とともにリードソロモン符号などの硬判定の代数的ブロック符号を接続する方法が考えられるが、通常の接続符号化では、ターボ復号による置換処理での符号拡散の範囲が大きいため、これを確実にカバーすることができず、接続符号化の意味をなさなくなる。この問題点を解決するため本発明では、符号器 1 0 2 や復号器 3 0 2 において以下の実施例のような符号化や復号処理を施した。

【 0 0 3 7 】

〔実施例 2〕

図 2 は、本発明の符号器（記録時の符号化回路） 1 0 2 の構成例を示す図であ

る。本符号器 1 0 2 は、情報符号系列 1 0 1 を入力情報として、これにリードソロモン符号化などによる代数的誤り訂正符号化（第一の誤り訂正符号化）を施すための誤り訂正符号器（符号誤り訂正符号化回路）1 0 を具備して、これから誤り訂正符号化系列 1 1 が出力される。また、実際の記録符号化では、しばしば、再生時の信号からの振幅・タイミング制御情報等の抽出を保証する、記録再生信号上の直流成分を抑制する、あるいは、再生誤りを生じやすい記録符号パターンを事前に排除するなど種々の目的のため記録データ符号列に符号ランレングス制約などの特定の符号拘束条件を付加する記録変調符号化が施される必要があり、誤り訂正符号化系列 1 1 に対して、この符号化変換処理を施す目的から記録符号変調器（回路）1 2 が具備されている。

【 0 0 3 8 】

さらに、この記録符号変調器 1 2 から出力された記録変調符号系列 1 3 は、連接符号器（第二の符号誤り訂正符号化を施す符号化回路）1 4 に入力される。連接符号器 1 4 は、ターボ符号化の原理に基づく第二の誤り訂正符号化を記録変調符号系列 1 3 に施す。この連接符号器 1 4 では、入力された符号系列に対して所定の冗長符号を生成するとともに、この入力された符号系列を並べ替えて形成される新たな符号列に対して、同様の冗長符号の生成が並列に実施される。このため、この連接符号器 1 4 に入力された記録変調符号系列 1 3 は、所定の符号ブロック長の符号内容を保持する符号バッファ回路 1 5 c に記憶されるとともに、この内容は、その符号位置を一定の順序で入れ替えて保持する記録バッファ回路 1 5 a、および、1 5 b に保持される。この記録バッファ回路 1 5 a、および、1 5 b により構成される符号置換処理の回路は、ランダムインターリーバ 1 5 と呼ばれるものあり、一般に符号列の長さを不変として、一対一の写像変換の規則により、符号内容を並べ換えるものである。

【 0 0 3 9 】

ターボ符号化のポイントは、このインターリーバを介し、同一符号系列を異なる順序に並べ替えた系列に対して誤り符号化を施す点にある。このときの写像変換規則としては、ランダムな順序での並べ替え、あるいは、これに準じて所定の拘束条件を設けた並べ替えが設定されるが、この一つの符号器とこれに対応する

後述の復号器 3 0 0 内では、不変の写像規則が設定される。また、ヘッド・媒体系 2 0 0 やデータ伝送系に起因する符号誤りの発生事象に依存して、特定の変換規則が設定されることもあるが、本発明の実施は、これに依存しない。該連接符号器 1 4 においては、この記録バッファ回路 1 5 a、および、1 5 b に保持された符号内容を参照し、これに対して冗長符号器 1 6 a、1 6 b により冗長符号ビットが生成される。

【0 0 4 0】

本実施例では、この冗長符号器（第二の符号誤り訂正符号化を施す符号化回路で、この場合、冗長ビットは、これらの符号化回路から出力される冗長符号となる）1 6 a、1 6 b としては、最も構成の簡単なパリティチェック符号化方法が開示されるが、基本的に、この冗長符号器の構成には、再帰的な畳み込み符号器の構成がとられる。本発明の場合、冗長符号器 1 6 a、1 6 b の各々は、符号遅延素子 1 7 a、1 7 b を具備して、入力符号を順次 1 ビット保持し、この内容を帰還して、次の符号入力との排他的論理和 1 8 a、1 8 b をとる。これを記録バッファ回路 1 5 a、および、1 5 b からの入力符号ビットに逐次施すことによって、符号遅延素子 1 7 a、1 7 b には、パリティチェック符号ビットが常に保持されることになる。（ここでは、各記録バッファ回路 1 5 a および 1 5 b に保持された符号情報の内容に対して参照を開始するたびに符号遅延素子 1 7 a、1 7 b の内容は、初期リセットされ、バッファ内の符号情報が順次参照されて終端の符号ビットが冗長符号器 1 6 a、1 6 b に出力されるまでの間、上述の再帰的な符号化処理が繰り返される。また、この記録バッファ 1 5 a の保持する符号長がターボ符号化の符号長となる。）

符号切り替え器(回路) 2 0 は、記憶バッファ回路 1 5 に蓄えられた元の符号情報 1 9 を参照し、順次出力しながら、ある所定のタイミングで、冗長符号ビット系列 1 9 a、1 9 b の一定周期ごとの 1 ビットをこの情報符号 1 9 の中に挿入して、一つの記録符号系列 1 0 3 として出力する。（このように、各冗長符号器 1 6 a および 1 6 b からの冗長符号ビット系列 1 9 a、1 9 b の出力が情報符号 1 9 に参照されたとき、その都度、当該の冗長符号器の符号遅延素子がリセットされる符号化構成もとりうる。）この符号化の形態は、一種のパンクチャード符号

化であり、このときの冗長符号ビット挿入のタイミングは、設定される符号冗長度に応じて、柔軟に設定することができる。また、このような符号化処理では、元の情報符号と挿入されたパリティチェック符号ビットの位置を明確に区別する組織的な符号化が実行できる。冗長度の増加は、後の誤り訂正能力を向上させるに有効であるが、一方で冗長度の付加は、実効的な記録密度上昇につながるため、実際の情報記録装置では、適切な量を設定する必要がある。

【 0 0 4 1 】

また、本発明では、記録バッファ回路 1 5 a、1 5 b の長さを適切に設定することにより、ランダムインターリーブにより符号置換処理される符号長を制限する、例えば、情報セクタサイズを複数分割した符号長に短縮することを特徴としている。また、本実施例では、2 つの冗長符号器 1 6 a、1 6 b を用いた場合を開示しているが、単一または 3 つ以上の符号器を並列に設ける場合にも、本発明は成立しうる。単一の冗長符号器を用いる場合には、本実施例の冗長符号器 1 6 b の出力を参照して符号化を行うのが一般的である。また、3 つ以上の冗長符号器に対しては、それぞれ異なるインターリーブ符号置換処理を施した記録バッファ 1 5 b の内容を参照して、上述と同様の符号化処理を並列に実施する。

【 0 0 4 2 】

〔実施例 3〕

上述の符号器 1 0 2 により出力される記録符号系列の符号化フォーマット、即ち、本発明の情報記録フォーマットの例を図 3 (a) に示す。本発明において、記憶媒体 2 0 0 上に一度に記憶される情報符号の単位 (情報セクタ) は、図 3 のような符号構成をとっている。情報セクタ全体は、記録位置情報の制御や振幅・タイミング制御を行うための付加情報を含んだプリアンプル部 2 4、情報符号部 2 2、また、その端部には、図 2 の実施例 2 における誤り訂正符号器 1 0 により付加されたリードソロモン符号 (第一の誤り訂正符号) による冗長符号部 2 3 が付加されている。このリードソロモン符号化は、当該の符号系列を所定のシンボル単位で符号化し、この冗長符号部 2 3 を用いた誤り訂正では、当該セクタ上、情報符号部 2 2 及び冗長符号部 2 3 の任意の位置で、誤り符号を含む符号シンボルを、所定の数だけ訂正することができる。

【 0 0 4 3 】

この情報セクタの符号内容が再生されたとき、一般的な公知の復号方法でのリードソロモン符号化誤り訂正によれば、 $2t$ シンボル長の冗長符号部 2 3 を付加することにより、 t シンボルまでの任意の誤りを検出し訂正すること保証することができ、また、消失訂正による場合には、 $2t$ シンボルの値を同定することができる。（ 1 シンボルは、通常、当該の符号系列上の連続複数ビット、例えば、 8 符号ビット乃至 10 符号ビットで構成される。）

さらに、図 3 において、記録情報セクタ内の情報符号部 2 2 および冗長符号部 2 3 は、複数の符号ブロック 2 2 a の単位で分割されており、各符号ブロック 2 2 a は、図 2 における記録バッファ回路 1 5 a、1 5 b の記憶容量に対応する符号長をとる。また、各符号ブロックには、冗長符号器 1 6 a、1 6 b で生成された第二の誤り訂正符号化による冗長符号ビット 2 2 b（パリティ符号化ビット）が挿入されている。すなわち、本発明では、リードソロモン符号化による第一の誤り訂正符号化とターボ符号化による第二の誤り訂正符号化が異なる符号長サイズで接続された符号構成をとる。この実施例において、冗長符号ビット 2 2 b は、各冗長符号器 1 6 a、1 6 b からの出力パリティにより構成される複数のパリティ符号化ビットからなり、この各パリティ符号化を行う際に行われる記録バッファ回路 1 5 a、1 5 b 間でのインターリーブ符号置換処理の符号長が各々の符号ブロック 2 2 a に対応する。

【 0 0 4 4 】

換言すれば、本発明では、記録情報セクタ（情報符号部 2 2 およびリードソロモン符号化の冗長符号部 2 3）を複数の符号ブロック 2 2 a に分割し、この分割された個々の符号ブロック 2 2 a を単位として上記第二の誤り訂正符号化（パリティ符号化）を行うことを特徴としており、ターボ復号をこの複数のパリティ符号間で繰り返した場合、復号失敗時の符号誤りの拡散は、高々このブロック長に限定されることになる。従って、冗長符号部 2 3 に付加されたリードソロモン符号化の最大訂正シンボル数 t が、このブロック長以上になるように符号化（冗長 $2t$ シンボル以上、消失訂正時には t シンボル以上）を施せば、このようなターボ復号失敗時の復号誤りを最終的に全て訂正することができるようになる。

【 0 0 4 5 】

一方で、情報セクタ全体を符号構成単位とする通常のターボ符号化に対して、本発明のように、この情報セクタを分割した符号ブロック 2 2 a を単位としてパリティ符号によるターボ符号化を行うことは、繰り返し復号によるランダム誤り訂正の誤り率性能を、符号構成単位（符号ブロック 2 2 a）の長さに反比例する比率で劣化させるが、本発明のようにターボ復号失敗時に対して、リードソロモン符号による回復を補償できる長さに符号構成のブロック長をとどめることによって、この劣化を補完しつつ、バースト拡散誤りの訂正能力をも補償することができ、データ復号システム全体での信頼性は最適なものを実現することができる。

【 0 0 4 6 】

上記実施例から、本発明において、該情報記録媒体に一度に記録される情報符号系列の単位（情報セクタ）には、（１）所定の符号単位（符号シンボル）による誤り訂正を行い、再生された当該セクタ内に生ずる所定個数以下の符号誤りを含んだ符号シンボルを訂正する第一の符号誤り訂正符号化が施され、該情報セクタには、これによる冗長符号列が付加されること。（２）での第一の符号誤り訂正符号化が施された情報セクタは、所定の長さを有する連続した複数の符号系列ブロックに分割され、この各々の符号系列ブロックに対しては、第二の符号誤り訂正符号化が施されて、これによる冗長符号が当該の符号系列ブロックに挿入された後、該情報記録媒体上に記録されるものであること。（３）での第二の符号誤り訂正符号化を行う符号系列ブロックは、第一の符号誤り訂正符号化における符号シンボルを単位とする符号系列ブロック長を有し、かつ、第一の符号誤り訂正符号化により訂正可能な符号シンボル数以下の符号系列ブロック長を有すること。上記特徴を有する符号誤り訂正符号化を施こした情報符号系列が、200の情報記録媒体上に記録される、あるいは、上記特徴を有する符号誤り訂正符号化を施す回路が、符号器 1 0 2 内に提供される。

【 0 0 4 7 】

また、このとき、第二の符号誤り訂正符号化では、上記の符号系列ブロックに対応する符号系列に対し、この符号系列ブロックと等しい符号長を処理単位とす

る符号置換処理を施して、複数の符号系列ブロックを生成するとともに、この生成された複数の符号系列ブロックにそれぞれ所定の誤り訂正符号化を施すこと、かつ、このそれぞれの誤り訂正符号化により生成された冗長ビットを当該の符号系列ブロック内の所定の位置に挿入することなどの特徴を有するターボ符号化による記録符号系列が構成されることになる。また、このために、この符号系列ブロックと等しい符号長を処理単位とするための符号置換回路と、この符号系列ブロックと等しい符号置換結果を保持するための記憶回路とを有するとともに、この複数の記憶回路の内容を参照して、それぞれに所定の第二の符号誤り訂正符号化を施す符号化回路を有すること、かつ、このそれぞれの符号化回路により出力された冗長ビットを予め記憶回路に保持された当該の符号系列ブロック内の所定の位置に挿入する回路手段を有することが符号器回路構成上の特徴となる。

【 0 0 4 8 】

図 3 の実施例 3 において、各符号ブロック 2 2 a 内に付加される冗長符号ビット（パリティ符号化ビット） 2 2 b は、ブロック内に一定のビット周期間隔で分散されて配置されているが、これは、図 1 4 のように、当該の各符号ブロックに対して所定の位置（例えば、各符号ブロック終端）にまとめて配置されて、記録されるものであってよい。この場合、図 2 実施例 2 の符号器出力である冗長符号ビット系列 1 9 a、1 9 b は、いったんバッファに保持されて、所定の符号ブロック位置にまとめて付加される。これら、記録情報セクタ上の本発明特徴は、記録媒体上の記録符号系列フォーマットの特徴として与えられるほか、記録再生信号処理回路 1 からの入出力となる記録電流系列 1 0 5、再生信号系列 3 0 5、再生符号系列などのフォーマットとして、当該の回路での実施を確認することができる。

【 0 0 4 9 】

〔実施例 4〕

図 4 は、本発明における誤り訂正復号器（復号時の符号誤り訂正符号化回路） 3 0 2 の構成例を示している。図 2 の実施例 2 に対応しながら、図 4 の実施例 4、復号器 3 0 2 では、再生信号処理回路 3 0 4 からの出力である復号信号系列 3 0 3 を入力して、再生符号情報 3 0 1 へのデータ復調処理を実現する。この復号

器302において、尤度検出器31は、再生信号処理回路304からの再生信号情報（一般にデジタル信号値の系列）を入力して符号ビットの判定を行う。一般にPRML（パーシャルレスポンス・マキシマムライクリーフッド）方式を用いた記録再生処理系では、デジタルフィルタによるパーシャルレスポンス波形等化処理後のデジタル信号系列が、最尤復号器（マキシマムライクリーフッドディテクタ）により、硬判定の再生符号ビット情報 $\{a_k\}$ へと変換される。

【0050】

しかし、本発明では、後段の反復復号器33においてターボ復号に基づく誤り訂正処理を行うため、このパーシャルレスポンス冗長系に対する符号検出に整合した最大事後確率判定（MAP復号：Maximum A Posterior）を最尤復号器に代えて実施し、各符号ビット情報を、確率信頼度で示した多値情報である軟判定符号情報 $\{b_k\}$ として判定出力する。このMAP復号のアルゴリズムや具体的構成方法は、例えば、非特許引用文献2や、文献（“Implementation and performance of a serial MAP decoder for use in an iterative turbo decoder,” in Proc. IEEE International Symposium on Information Theory, September 1995, p.471）などに広く開示されており、さらに簡便化されたさまざまな実現方法も存在しうるが、本発明では、このMAP復号の構成がいずれの方法によるかを問わない。

【0051】

このMAP復号による尤度検出器31から出力された軟判定符号情報系列32は、反復復号器33（ターボ誤り訂正器）に入力されて、詳述するような誤り訂正処理がなされ、硬判定ビット情報である誤り訂正復号系列34が変換出力される。また、記録符号復調器35は、図2の記録符号変調器12に対応した逆変換の符号化復調処理を行い、記録復調符号系列36を復元出力する回路である。さらに、誤り訂正復調器（回路）37は、この記録復調符号系列36上の符号誤りを、前述のリードソロモン符号化による第一の誤り訂正符号化（冗長符号部23）を用いて訂正処理し、硬判定の誤り訂正復号処理を実施する回路である。以上により、再生符号系列301が生成される。

【0052】

本実施例では、上述の反復復号器（回路）33における、ターボ復号処理に基づく符号誤り訂正処理が第一の特徴である。反復復号器33に入力された軟判定符号系列32は、分配器306を介して、元の情報系列符号に対応する軟判定情報と冗長符号器（回路）16a、16bでそれぞれ付加された各パリティ符号ビット（図3及び図14の冗長符号ビット22b）に対応する軟判定情報とに分配される。すなわち、分配器306は、符号切り替え器20と逆の操作を行って、一連の軟判定符号系列32を分割し、元のユーザの記録情報部にあたる軟判定情報を軟判定バッファ307c内へ、冗長符号器16a、16bでそれぞれ付加された各パリティ符号ビット部にあたる軟判定情報を軟判定バッファ回路307a、307bへそれぞれ記録、保持する回路である。この軟判定バッファ回路307a、307b、307cは、それぞれ、符号バッファ回路15a、15b、15cに対応するが、後段の反復復号による処理遅延時間を吸収するため、符号バッファ回路、符号ブロック22bより十分大きな記憶容量をとられることが多い。

【0053】

さらに、後段では、この軟判定バッファ回路307a、307b、307cに保持された情報に基づいて、前述の符号ブロック22bを単位とした誤り訂正処理をパリティ復号器（回路）309a、309bを用いて実行する。

【0054】

本実施例において、パリティ復号器309aは、図2実施例2の符号器に示した冗長符号器16aからの冗長符号ビット系列19aを用いて符号誤りの訂正を行う。すなわち、軟判定バッファ回路307c内の当該符号ブロック22aに相当する軟判定情報308（ユーザ符号情報）と、軟判定バッファ回路307a内に保持される当該符号ブロック22aの冗長符号ビット22b（冗長符号器16aによるパリティ符号情報19a）に対応した軟判定情報（パリティビット符号部軟判定情報系列308a）を入力して、当該パリティの符号拘束条件から、入力された軟判定情報308（ユーザ符号情報）を、より信頼度の高い情報へと更新する。この信頼度更新には、上述の尤度検出器31と同様のMAP復号のアルゴリズムを用いることができる。冗長符号器16aによるパリティ符号化の拘束

条件に整合させながら、同様のMAP復号アルゴリズムを適用することにより、当該符号ブロック22aの軟判定情報308は、更新出力される（更新された軟判定ブロック情報系列310）。このパリティ復号器309a、309bにおけるMAP復号の高速な実現方法は、後の実施例において詳述する。

【0055】

さらに、この更新された軟判定情報系列310は、ランダムインターリーブ313aにより、符号器102におけるランダムインターリーブ15内での符号ブロック置換処理（符号バッファ15aから15bへの符号置換処理）と同一のインターリーブ処理を行った後に、パリティ復号器309bへと供給される（置換された軟判定ブロック情報系列311）。すなわち、再生信号系列から生成された該判定情報とともに、上記の所定の符号置換処理に対する逆変換処理を行った後、これを用いて、再び復号処理を繰り返した後、パリティ復号器309bへと供給される。

【0056】

このとき、パリティ復号器309aは、冗長符号器16bからの冗長符号ビット系列19bを用いて符号誤りの訂正を行う。すなわち、供給された軟判定ブロック情報系列311（ユーザ符号情報）と、軟判定バッファ回路307b内に保持される当該符号ブロック22aのパリティ符号情報19b（パリティ符号部軟判定情報系列308b）を入力して、パリティ復号器309aと同様に、当該パリティの符号拘束条件から、入力された軟判定情報311を、より信頼度の高い情報へと更新し出力する。

【0057】

さらに、このとき出力された軟判定情報（更新された軟判定ブロック情報系列312）は、ランダムインターリーブ313bにより、ランダムインターリーブ313aと逆の符号置換処理を施して、もとの当該符号ブロック22aの符号系列に対応した軟判定情報系列（置換された軟判定ブロック情報系列314）を得ることができ、これが再びパリティ復号器309aの入力へと帰還される。このようにして、反復復号器33が構成される。

【0058】

反復繰り返し復号では、この更新されて帰還された軟判定情報系列314の各情報値を、軟判定バッファ回路307内に既に保持されている当該符号ブロックの軟判定情報系列308の対応する情報値に加える（加算器314a）、あるいは、これを置き替えた上で、これを新たな軟判定情報系列308としてパリティ復号器309aに入力する。そして、上記と同様な方法で、パリティ復号器309bへ、更新された軟判定情報を受け渡して、情報の更新を繰り返す。この繰り返し復号の過程では、入力時に加算された情報と元の情報の重複を差し引くため、各パリティ復号器309a、309bの出力では、入力時に加えられた軟判定情報の値を対応する出力の軟判定情報値のそれぞれから差し引くことが必要である（減算器314b、314c）。

【0059】

上述のように、パリティ復号器309aと309bの間で、当該符号ブロックの軟判定情報系列308を更新しながら、交換を繰り返すことにより、各軟判定情報の値は次第により高い精度に改善される。そして、所定回数のパリティ復号の繰り返し行った後に、出力された軟判定情報系列314の各々の値は、レベル識別器315により、その値が所定の値（多くの場合、値0）と比較され、その大小結果により、2値の符号値へと変換される。この結果が、当該ブロックの符号情報系列として出力され、誤り訂正復号系列34として記録符号復調器35へ供給され、これを介して、記録符号変調器12と逆の符号復調処理が施こされる。

この記録復調符号系列36には、さらに第一の誤り訂正符号化による誤り検出訂正（誤り訂正復調器37）が行われた後、再生符号情報301として出力される。

【0060】

以上の実施例のように、図2実施例2の符号化に対して、第二の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正では、該記録媒体からの再生信号系列から生成される各符号ビットの軟判定情報を用いた符号誤りの検出と訂正がなされ、各符号系列ブロックに施される誤り訂正符号化の各々に対応する復号処理は、再生信号系列から生成された該判定情報とともに、他の復号処理の結果得られた各符

号ビットに対する軟判定復号の情報を用いて、再び復号処理が繰り返される。かつ、上記の処理を所定回数繰り返した後に、この結果を情報符号系列の再生結果として出力される。以上の特徴を有する誤り訂正処理手段が本発明では提供される。

【 0 0 6 1 】

また、誤り訂正復号回路として、第二の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正には、該記録媒体から供給される再生信号系列を入力し、各符号ビットの軟判定情報を出力する軟判定復号器が具備され、各符号系列ブロックに施された誤り訂正符号化の各々を用いて符号誤りを検出・訂正する複数の誤り訂正復号回路の各々は、該軟判定復号器から出力される各符号ビットに対する軟判定情報を入力するとともに、他の誤り訂正復号回路から出力される軟判定情報を入力して、各符号系列ブロックに対して複数回の符号誤り検出・訂正処理を繰り返し、かつ、上記の符号誤り検出・訂正処理を所定回数繰り返した後に、この結果を情報符号系列の再生結果として出力する。以上の特徴を有する誤り訂正復号回路（再生時の符号誤り訂正符号化回路）が提供される。

【 0 0 6 2 】

〔実施例 5〕

図 5 は、本発明が提供する符号器（記録時の符号誤り訂正符号化回路）の特徴となるランダムインターリーバ(回路)の構成例を示している。前述のように、本発明では、ターボ符号化の原理に基づき、記録情報セクタ上の情報符号部 2 2 と冗長符号部 2 3 に対し、これを複数に分割する符号ブロック 2 2 a を単位としてパリティ冗長符号の生成と付加を行う点に特徴がある。このため、各々のパリティ生成の冗長符号器 1 6 a、1 6 b に符号を供給するための、各々の符号バッファ回路 1 5 a または 1 5 b には、各符号ブロック 2 2 a 中のユーザ記録情報符号の長さに相当するレジスタ長 1 1 5 を有した符号レジスタ 1 1 5 a と 1 1 5 b が設けられる。さらに、ターボ符号化によるパリティ冗長符号を生成するためには、この符号レジスタ間で、擬似的にランダムな規則性に基づき、保持された符号情報の順序を並べ替える所定の符号置換処理が施され、この後、この置換処理された符号ブロック単位の符号情報に対して、これをシリアルに冗長符号器 1 6 a

または 1 6 b に入力して、1 ビット以上の冗長符号を得る。

【0 0 6 3】

インターリーブ機能をもつ符号バッファ回路(記録バッファ回路) 1 5 a または 1 5 b に入力される記録変調符号系列 1 3 の各符号値は、符号レジスタ 1 1 5 a に順次入力されシフトしながら保持される。さらに、該符号レジスタ 1 1 5 a に 1 符号ブロック 2 2 a 分の符号が保持される度に、この保持された符号値の内容は、所定の符号置換規則にしたがって順序が並べ替えられて、符号レジスタ 1 1 5 b に転写される。そして、この符号レジスタ 1 1 5 b の内容が符号バッファ回路のインターリーブ出力としてシリアルに読み出される。符号レジスタ 1 1 5 a から 1 1 5 b への符号置換処理は、符号ブロック 2 2 a 中のユーザ記録情報符号の長さを周期として行われ、符号置換処理が行われるタイミングで符号レジスタ 1 1 5 a の入力端に保持された符号値が、順次シフトされて終端から排除されるとき、次の符号置換処理が行われる。さらに、この符号置換処理が行われるタイミングで当該の冗長符号器 1 6 a、1 6 b における符号遅延素子 1 7 a、1 7 b の内容は、所定の初期値がリセットされる。これにより、各符号ブロック 2 2 a の間では、独立にパリティ符号の生成が行われる。

【0 0 6 4】

符号バッファ回路における 1 5 a または 1 5 b におけるインターリーブ処理における符号置換の順序は、符号誤りの発生に規則性がなければ、理想的にアトランダムな置換規則であることが望まれるが、たとえば、パーシャルレスポンス伝送系など、連続ビットでの符号誤りの発生確率が顕著に高い場合には、この連続する符号ができるだけ離れた距離に分離されるように符号置換規則を設定する。例えば、長さ N ビットの符号誤りが多発する記録再生系においては、符号レジスタ 1 1 5 a 内の連続に位置する N ビット符号のうち少なくとも 2 つが所定の符号長 L 以上離れるように 1 1 5 b 内に配置するように置換規則を設定する。このとき、パリティ冗長符号は、この符号ブロック 2 2 a に対して、L ビットの間隔で冗長符号ビット(パリティ符号化ビット) 2 2 b を生成するように符号化すれば、前述の反復復号によって効率的に誤り符号を訂正することができる。

【0 0 6 5】

【実施例 6】

本発明のパリティ符号化の実施例を以下に示す。上記のような、パリティ符号化において、符号ブロック 2 2 a に対し、10ビット長の記録情報符号の系列($x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$) (x_i は、0または1の2値符号)が符号バッファ回路 1 5 a の符号レジスタ 1 1 5 a に設定されたとき、この符号順序をインターリーブにより置換した結果が($a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9$)であるとする。この符号入力に対し、冗長符号器 1 6 a として、符号遅延素子 1 7 a が一つから成る単一偶奇パリティ符号(初期値ゼロ)を用いて、冗長符号系列($pa_0, pa_1, pa_2, pa_3, pa_4, pa_5, pa_6, pa_7, pa_8, pa_9$)を生成出力したとき、5ビット毎に冗長符号を付加する場合には、冗長符号系列上の5ビット置きのパリティ符号が挿入され、最終的に当該の符号ブロック 2 2 a に対する符号器 1 0 2 からの出力符号系列は、($x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, \underline{pa_4}, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, \underline{pa_9}$)となる。(下線部符号が、図 3 の冗長符号ビット 2 2 b に相当。)

あるいは、パリティ冗長符号は、符号ブロック 2 2 a 内あるいは記録情報セクタ内の所定の位置に配置されて、例えば($x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, \underline{pa_4}, \underline{pa_9}$)のようにブロック終端の位置に固めて配置される。(下線部符号が、図 1 4 の冗長符号ビット 2 2 b に相当。)このとき、パリティ冗長符号 $\underline{pa_4}$ および $\underline{pa_9}$ は、それぞれ、置換された符号列($a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9$)上の先頭から符号 a_4 および符号 a_9 までの符号の偶奇状態(符号 1 の出現回数の偶奇)を示しており、再生側において、この冗長パリティに対応して誤り訂正を行うパリティ復号器 3 0 9 a では、このパリティ冗長符号による偶奇状態の拘束条件を当該符号ブロック($x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$)の軟判定に考慮することによって、軟判定情報の更新を行う。

【0 0 6 6】

このように単一の冗長符号器 1 6 a を用いる場合のほかに、複数の冗長符号器(パリティ符号化)を並列に用いて符号化を行う例は、既に図 2 の実施例 2 に示したとおりである。この場合には、第二の冗長符号器 1 6 b への入力符号を供給する第二の符号バッファ回路 1 5 b では、第一の符号バッファ回路 1 5 a と異なるインターリーブ符号置換処理を行う。(あるいは、第一の符号バッファ回路 1

5 a では符号置換を行わず、入力符号列をそのままの符号順序で上記のパリティ符号化を行い、第二の符号バッファ回路 1 5 b 内で特定のインターリーブ置換処理を行う。))

この場合、上記と同様の符号化条件において、複数パリティ符号化を実施するものとすれば、符号バッファ回路 1 5 b 内において置換された符号列 ($b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9$) に対して、冗長符号器 1 6 b から冗長符号系列 ($pb_0, pb_1, pb_2, pb_3, pb_4, pb_5, pb_6, pb_7, pb_8, pb_9$) が生成されるときに、符号器 1 0 2 からの出力符号系列は、($x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, \underline{pa_4}, \underline{pb_4}, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, \underline{pa_9}, \underline{pb_9}$) (下線部符号が、図 3 (a) の冗長符号ビット 2 2 b に相当) あるいは、($x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, \underline{pa_4}, \underline{pa_9}, \underline{pb_4}, \underline{pb_9}$) (下線部符号が、図 1 4 の冗長符号ビット 2 2 b に相当) のようになる。この場合にも、それぞれのパリティ冗長符号 ($\underline{pa_4}$ と $\underline{pa_9}$)、および ($\underline{pb_4}$ と $\underline{pb_9}$) の軟判定情報を、それぞれに対応する複数のパリティ復号器 3 0 9 a および 3 0 9 b において独立に使用し、当該符号ブロック ($x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$) の軟判定情報更新を行う。

【 0 0 6 7 】

この例では、複数のパリティ符号化により、符号ブロック 2 2 a に対して生成される各々のパリティ冗長符号数は、同数としているが、符号全体の冗長度を考慮して、これは、各パリティ符号化 (冗長符号器) に対して異なる数に設定することが可能である。また、より一般的に本発明におけるパリティ符号化 (冗長符号器 1 6 a) は、3 つ以上並列に設けることもでき、これに対応する各々の符号バッファ回路 1 5 a では、図 5 のインターリーブ構造に基づいて、それぞれ異なる符号置換規則による符号順序のインターリーブ変換処理を行って符号化することにより、所望の性能を得ることができる (各符号情報には、冗長符号器の数だけパリティ冗長符号が割り当てられる)。この場合、図 4 の実施例に示されたように、復号器 3 0 2 側でのパリティ復号器 3 0 9 a は、冗長符号器 1 6 a の数に応じて従属に接続され設けられ、順次、その軟判定出力結果が受け渡されて、繰り返し復号が実行される。

【 0 0 6 8 】

上記の各冗長符号器でのパリティ符号化においては、冗長符号器 1 6 a からパ

リティ冗長符号が出力されるごとに、符号遅延素子 17 a の内容を初期値にリセットする符号化方法もとりうる。前出のように、各冗長符号器に入力されるインターリーブ後の符号ブロックの符号系列が $(a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9)$ であり、この符号入力に対して生成された冗長符号系列 $(pa_0, pa_1, pa_2, pa_3, pa_4, pa_5, pa_6, pa_7, pa_8, pa_9)$ から、冗長パリティとして、 pa_4 と pa_9 を付加するとき、この 2 つの冗長符号が参照されたタイミングで、符号遅延素子 17 a の内容を初期値ゼロにリセットするものとする。このとき、リセットの前後の符号列において、符号化は独立されて下記のような符号拘束条件が成立する。

$$\begin{aligned} a_0 a_1 a_2 a_3 a_4 pa_4 &= 0 \\ a_5 a_6 a_7 a_8 a_9 pa_9 &= 0 \quad (\text{は排他的論理和演算を示す}) \end{aligned} \quad (1)$$

このように単一パリティを用いた本実施例では、各々のパリティ符号化において、各情報符号ビット a_i は、それぞれの生成パリティ冗長符号によって拘束される符号ブロックの 1 つに属することになる。別のインターリーブ置換符号列 $(b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9)$ に対して、生成された冗長パリティから、 pb_4 と pb_9 を付加するとき、(1) と同様に符号拘束条件が下記のように成立する。

$$\begin{aligned} b_0 b_1 b_2 b_3 b_4 pb_4 &= 0 \\ b_5 b_6 b_7 b_8 b_9 pb_9 &= 0 \quad (\text{は排他的論理和演算を示す}) \end{aligned} \quad (2)$$

異なるふたつ(一般には複数)のインターリーブ処理による符号系列に対して成立した上記 2 つの符号拘束条件から、各情報符号は、異なる組み合わせで、2 つの符号拘束条件のもとに置かれることになり、一方の拘束条件のもとでの各符号の軟判定信頼度の更新が、他方の拘束条件による軟判定信頼度の改善に寄与する結果となる。

【0069】

上記 (1) (2) のように独立にブロック化された符号拘束条件のもとでの符号軟判定情報の改善は極めて簡素なアルゴリズムで実現することができる。上記のように、符号ブロック $\{x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ が $x_0 x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 = 0$ なる条件で拘束されているとき、該符号ブロックの各符号の軟判定尤度情報 $\{r_0, r_1, r_2, r_3, r_4, r_5\}$ は、更新前の各符号の軟判定尤度情報 $\{r_0, r_1, r_2, r_3, r_4, r_5\}$ から、下記のような演算により更新される。

$$r_k = 2 * \operatorname{atanh}[(\pi_{i=0:5/k} \tanh(r_i/2))] \quad (3)$$

($\pi_{i=0:5/k}$ は、 k を除く $i=0 \sim 5$ までの全ての要素の積を示す)

但し、このときの軟判定尤度は、対数確率尤度比

$$r_k = \log [P(\text{時刻 } k \text{ の符号値が } 1 \text{ である確率}) / P(\text{時刻 } k \text{ の符号値が } 0 \text{ である確率})]$$

で表され、 r_k が正值ならば、その符号値は1、負値ならば0である確率が高く、その絶対値が信頼度を表しているものとする。この(3)式から、符号拘束を有する各ブロック内において、これに属する各軟判定符号情報の復号(更新)は、単ビットサイクルの極めて短い演算時間で、それぞれ独立・並列に実施することができる。

【0070】

このように、本実施例が示すような独立した単一パリティ符号化を施す場合、パリティ冗長符号が付加された各々の符号ブロックに対しては、それぞれ、独立、並列に軟判定情報の更新を行うことができ、かつ、個々のブロックにおける更新演算は、上記(3)式のように、極めて簡素に短い演算遅延で実行できることから、複数のパリティ復号器309aの間での反復繰り返し復号を行う場合でも、復号遅延時間を極めて短くおさえることが可能となる。本発明の実施例では、一つ以上の単一パリティ符号化処理を、インターリーブ符号置換処理を介して独立に記録情報ブロックに施すとともに、かつ、この各々のパリティ符号間で繰り返し反復復号を行うことにより、ターボ復号原理による誤り訂正能力の向上と復号遅延時間の低減の両立を図る上での極めて有効な方法およびそれを具体化する回路を実現している。

【0071】

[実施例7]

図6は、上記の本発明の単一パリティ符号化による軟判定復号の利点を実施例により示したものである。図6は、パリティ復号器(回路)において、MAP軟判定復号に対して用いられるトレリス線図を示しており、矢印は、符号系列の偶奇状態を示す2状態のトレリス線図上での時間的推移を示している。本図では、情報符号符号系列($a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$)に対して、単一パリティ冗長符号

系列($pa_0, pa_1, pa_2, pa_3, pa_4, pa_5, pa_6, pa_7$)を生成出力したとき、4ビット毎の冗長符号 pa_3 と pa_7 を付加する場合に相当している。時刻 k からはじまる上記8ビットの情報符号系列は、トレリス線図上の2つの状態間（拘束状態（偶数状態）400aと奇数状態400b）での任意の状態遷移を取りうる。冗長符号器16aの初期状態は、いずれかの状態（この場合は、符号遅延素子17aの状態をゼロとする符号1の出現回数が偶数回の状態）にリセットされることから、時刻 k 前のトレリス初期状態は、拘束状態（偶数状態）400aに固定される。

【0072】

また、記録情報符号系列は、付加された冗長符号 pa_3 と pa_7 の挿入によって、5ビット周期で強制的に拘束されることから、時刻 $k+4$ および $k+9$ 後には、再びトレリス状態遷移は、拘束状態（偶数状態）400aに強制されることになる。この結果、トレリス線図は、2つのブロック（パリティ符号化ブロック400c）に分割されることになり、これは、一方のブロック内での軟判定復号の結果が、他方ブロック内での軟判定復号による相対的な判定や更新に影響を及ぼさないことを示している。以上のことから、パリティ符号化された符号ブロック毎に、独立して軟判定復号（軟判定情報の更新）を実行することができ、これは、パリティ符号化ブロックごとに並列に復号処理を行うことができることを意味する。これは、情報記憶再生装置において、復号遅延時間を低減し、高速な記録情報再生を行う上で有効な利点である。

【0073】

上記の実施例7において、符号器102に用いられるパリティ冗長度付加には、主に単一の符号遅延素子17aからなる冗長符号器16aが用いられることが仮定されているが、ここで適用される符号化は、この単一パリティ符号化のみにとどまらない。さらに符号誤りの特性に合わせ、より一般的な畳み込み符号化を用いることができる。

【0074】

〔実施例8〕

図7の実施例8は、本発明の畳み込み符号器の構成の一例を示したものであり、ここでの畳み込み符号器（回路）401では、3ビットの符号を保持するシフ

トレジスタ402が符号遅延素子として用いられる。このシフトレジスタの内容は、符号器入力401aの入力とともに順次シフトされ、これが符号器の状態を示す。さらに、本発明の畳み込み符号器401では、符号器入力401aに対して、このシフトレジスタ402の特定位置の内容を帰還した排他的論理和演算がとられる再帰的な符号器構成がとられるのが特徴であり、また、符号器出力401cに対しても、シフトレジスタ402の特定位置の内容を参照し、これらの排他的論理和を逐次とりながら、これを出力する（排他的論理演算素子403a、403b、403c）。

【0075】

前述の単一パリティ符号化も、シフトレジスタ402が単一遅延素子で構成された場合の、この畳み込み符号化の最も簡単な例であるが、これは、磁気記録におけるパシャルレスポンス方式によるデータ復調系のように、単一あるいは奇数ビットの符号誤りが多発する復調系の場合には、比較的簡素にして効率のよい誤り訂正符号化を提供する。さらに、再生符号上に発生するより複雑な符号誤りのパターンに対しては、このような、より複雑な構成をとる畳み込み符号器401を符号器102の冗長符号器16a、16bとして適用することにより、確実にその誤りを検出訂正することができるようになる。

【0076】

例えば、畳み込み符号器のシフトレジスタ401の全内容をゼロにリセットし、想定される誤り符号パターン（誤り符号位置を1、正規符号位置を0とするパターン系列）を符号器入力401aとして与えたとき、最終的にシフトレジスタの全内容がゼロに復帰しなければ、その誤りパターンの符号誤り事象は、この畳み込み符号化によって検出されうる。本発明における再帰的な構成をもつ符号器の適用は、再生時の符号誤り伝播を誘発させて、インターリーブ処理により符号誤りを検出しやすくする効果をもたらす。

【0077】

〔実施例9〕

さらなる本発明の実施形態としては、上記のように、単一のパリティ符号化による第二の符号誤り訂正符号化、あるいは、複数のパリティ符号間の反復繰り返

し復号による第二の符号誤り訂正符号化によって、記録媒体からの再生信号系列により生成される各符号ビットの軟判定情報を用いた符号誤りの検出と訂正を行った後、この各符号ビットに対する軟判定復号情報を再び尤度復号器 3 1 へ帰還して、当該情報セクタの各ビットに対する軟判定符号情報を、再生信号系列とこの帰還された軟判定復号情報から生成しなおす復号の実施形態が存在する。図 1 0 は、この誤り訂正復号器の別の実施形態を示したものである。

【 0 0 7 8 】

本実施例が示す復号器 3 0 2 において、点線で囲まれる部分（反復復号器 3 3 ）は、図 4 の実施例にした復号器構成および動作と基本的に同様である。通常モードにおいて、切り替え器 3 1 7 の出力端は、指示信号 3 1 7 a を通じ、3 1 2 側への接続を指示されており、パリティ復号器 3 0 9 b の出力は、前段のパリティ復号器 3 0 9 a の入力情報として帰還される。この状態において、本図のように複数のパリティ復号器（パリティ符号化）が備えられた系では、図 4 の実施例と同様に、パリティ復号器間での軟判定符号情報の入出力交換が繰り返し反復されて、各符号に対する軟判定信頼度の改善がなされる。そして、所定の反復回数処理後に、この結果が 3 1 4 を通じて、レベル識別器 3 1 5 へ供給されて、誤り訂正復号系列 3 4 に変換出力されて、復号結果とされる。

【 0 0 7 9 】

本実施例 9 の特徴は、この所定回数のパリティ復号の繰り返しを実行した後に、さらなる復号信頼度の改善を図るために、このパリティ復号により更新された当該記録情報セクタの各ビットに対する軟判定符号情報を、再び、尤度復号器 3 1 へと帰還入力して、復号信号系列 3 0 3 の情報とともに用いて、各符号の軟判定情報を再構成しなおすことを特徴としている。このような尤度復号器 3 1 では、該パリティ復号によって信頼度を更新された帰還軟判定符号情報 3 2 0 b を、各符号ビット情報に対する事前確率として再入力して用いることを特徴とする。

【 0 0 8 0 】

これにより、パーシャルレスポンス伝送系に整合して事後確率を評価する尤度復号器 3 1 では、エラー伝播による軟判定符号情報の信頼度低下を避けることができる。すなわち、エラー伝播の少なくとも一部に相当する符号誤りが検出され

、符号信頼度がパリティ復号処理によって改善されることができれば、これにより、パースナルレスポンス伝送系の符号間干渉による冗長性を用いた最尤復号において発生する符号エラー伝播による連続した符号誤り、バースト的な信頼度低下を排除することができる。さらに、これにより、このバースト的に発生する符号誤りが改善されたならば、再び該尤度復号器 3 1 の後段で行われるパリティ復号では、その誤り訂正能力を、残ったランダム符号誤りの訂正により有効に振り向けることが可能となる。このように、パリティ復号による短ビットのランダム誤りの訂正（第一の反復復号）と、このパースナルレスポンス伝送系に整合した尤度復号を繰り返した反復復号（第二の反復復号）の組み合わせは、現実的な記録再生系での符号誤り事象を非常に効率よく訂正しうる。

【 0 0 8 1 】

〔実施例 1 0〕

本発明のランダム符号誤りに対する訂正能力調整を示す例を実施例 9 として以下に示す。図 1 0 の点線囲み内（3 3）に示した複数パリティ符号間での反復復号（第一の反復復号）の回数を適切に設定してランダム符号誤りに対する訂正能力を調整することで、さらに、この反復復号結果を用いた尤度復号器 3 1 への帰還復号（第二の反復復号）は、復号系全体の信頼性を最大に改善しうる。前述のように、点線囲み内の複数パリティ符号間での反復復号（第一の反復復号）は、符号ブロック単位の復号や並列化による高速処理が可能であり、数ビット時間の遅延での処理ができるため、現実的な高速記録再生系での復号遅延時間の制約に対して、この 2 つの反復復号の回数は、より柔軟に設定することができる。

【 0 0 8 2 】

第一の反復復号の実施構成は、図 1 0 の点線囲み内（3 3）、あるいは、図 4 の実施例 4 に示したとおりである。また、第二の反復復号の実施構成は、図 1 0 において、切り替え器 3 1 7 からの帰還軟判定符号情報（ユーザ記録情報部）3 1 8 の出力を、尤度復号器 3 1 に帰還して、実行される。尤度符号器 3 1 へ帰還を行うには、当該符号ブロックの帰還軟判定符号情報（ユーザ記録情報部）3 1 8 に、パリティ符号部帰還軟判定情報系列 3 1 8 a、3 1 8 b をもとの符号位置に挿入して、各符号ブロックに対する一本の帰還軟判定符号情報系列を再構成す

る必要がある。これを、行うのが集配器 3 1 9 であり、各符号ブロックの帰還軟判定符号情報（ユーザ記録情報部）の所定位置に、当該パリティ符号の軟判定符号情報 3 1 8 a、3 1 8 b（パリティ復号器 3 0 9 a、3 0 9 b の各出力）を挿入する、すなわち、分配器 3 0 6 と正反対の符号系列変換処理を行う。これにより、構成された各符号ブロックの帰還軟判定符号情報（ユーザ記録情報部）が、尤度符号器 3 1 に対して、各符号の事前確率情報として送られる。

【 0 0 8 3 】

さらに、上記実施例 1 0 では、上述した尤度復号器 3 1 で発生しうる符号誤り伝播に対し、効率よく後段でのパリティ訂正を行うため、インターリーバ 3 1 6 a により、尤度復号器 3 1 から出力された軟判定符号情報系列 3 2 a に対して置換処理を施す場合がある。このインターリーバ 3 1 6 a は、3 2 a 上の連続した符号位置に出力された軟判定符号情報ができるだけ、異なるパリティ検査に関わるように、その配置を変換することを目的としており、ここから出力される軟判定符号情報 3 2 b を用いて、前述のパリティ復号を行うことにより、尤度復号器 3 1 からのバースト符号誤りの一部を検出しやすくする。

【 0 0 8 4 】

この働きにより、上記の第二の反復復号において、符号誤り伝播によるバースト誤り訂正の可能性をあげることができる。このインターリーバ 3 1 6 a の置換処理の単位は、符号ブロック 2 2 a を単位として、単一あるいは複数ブロック分、さらには、当該情報セクタのサイズを単位とすることもありうる。（これは、第二の反復復号を実施する際に許容される誤り符号拡散の程度によって設定され、置換処理単位の限定とバースト誤り改善効果はトレードオフの関係となる。）

また、この場合には、第二の反復復号において、集配器から出力される帰還軟判定符号情報 3 1 9 b には、このインターリーバ 3 1 6 a での置換処理をもとにもどす逆処理を行うためのデインターリーバ 3 1 6 b が設けられ、これにより、もとの符号順序に置換処理された帰還軟判定符号情報 3 2 0 b が、尤度復号器 3 1 に供給される。また、本実施例のように、尤度復号器 3 1 からの軟判定出力がインターリーブにより置換処理される場合には、後段のパリティ復号が適切に行われるように、置換後の符号順序が図 3 のパリティ符号化のフォーマットに準ず

るよう、記録時に記録符号情報を予め、置換処理した上で記録媒体上に記録する。

【 0 0 8 5 】

〔実施例 1 1〕

図 8 は、このときの本発明の記録符号系列の置換処理を示す記録符号器の例を示したものであり、記録符号系列 1 0 3 の出力前には、前記インターリーバ 3 1 6 a と逆の符号置換処理を行うインターリーバ 2 1 が備えられ、置換後の符号順序で記録符号は記録される。このような事前の記録符号系列の置換により、図 1 0 実施例の符号器 3 0 2 にインターリーバ 3 1 6 a を具備した場合にも、後段の点線囲み内のパリティ復号における誤り訂正を前記どおりの方法で実施することが可能となる。

【 0 0 8 6 】

〔実施例 1 2〕

また、図 9 は、本発明の記録符号系列の置換処理を示す他の例であり、記録前に付加される様々な符号拘束条件が、インターリーバ 2 1 によって乱されることを避けるため、記録変調符号系列 1 3 や接続符号器 1 4 に入力される前の記録符号系列に、所定のインターリーバ 2 2 による符号置換処理を行って、図 8 実施例 1 1 と同様な効果をもつ記録符号器の構成実施例を示している。この等価的な符号置換処理により、復号器 3 0 2 側において、インターリーブ処理 3 1 6 a を排除することもでき、反復復号時の誤り伝播の問題を回避することができる。また、通常、第二の反復復号は、第一の誤り訂正符号化による誤り訂正処理 3 7 が、全ての符号誤り訂正を処理できなかった場合のみに限定的に使用することによって、上記誤り伝播による信頼性劣化の可能性を限定することができる。

【 0 0 8 7 】

こうしたことから、図 9 乃至図 8 のインターリーバ 2 2 では、第二の反復復号による効果を高めるために、符号置換処理を行う単位（インターリーバサイズ）は、できるだけ大きくとられることが望ましく、複数の符号ブロックサイズまたは情報セクタ長に相当する長さを選ぶことができる。このような条件のもとで、図 9 実施例の符号器構成では、第一の符号誤り訂正符号化がなされた後の符号系

列に対して、符号置換がなされた後、第二の符号誤り訂正符号化がなされることを特徴とする。

【 0 0 8 8 】

ここまでの図 8 ～ 1 0 では、複数のパリティ符号化を図 3 に示す符号ブロック単位で施す具体例を用いて、実施例を説明したが、本発明は、単一の誤り訂正符号化（パリティ符号化）を用いる場合にも容易に適用することができる。

【 0 0 8 9 】

〔実施例 1 3〕

図 1 1 は、各符号ブロックに対して、単一パリティ符号化を施す場合の記録符号器の例を示しており、図 8 実施例 1 1 に対応して、同様に動作する。（図 9 実施例 1 2 対応も同様である。）本実施例 1 3 において、符号バッファ回路 1 5 a、冗長符号器 1 6 a は単一であり、図 3 及び図 1 4 の各符号ブロックには単一のパリティ符号化による冗長符号が挿入される。また、図 1 2 は、この符号器 1 0 2 に対応する復号器 3 0 2 の構成を示しており、単一のパリティ復号器 3 0 9 a が備えられる。このときの、反復復号は、主に前述の第二の反復復号によって実施される。したがって、パリティ復号器 3 0 9 a で更新された軟判定ブロック情報系列 3 1 0 は、反復復号時には、切り替え器 3 1 7、集配器 3 1 9 を介して、尤度判定器 3 1 に帰還され、前記同様に繰り返し処理される。そして、所定回数の反復の後、指示信号 3 1 7 a の指示により、軟判定ブロック情報系列 3 1 0 は、レベル識別器 3 5 側に供給されて、判定後に復号結果として出力される。このような単一パリティにおける反復処理の場合においても、符号バッファ回路 1 5 a やインターリーバ 3 1 6 a の符号置換処理の単位を、図 3 及び図 1 4 にて説明したような符号ブロックを単位として制限することで、前記実施例と同様なランダム符号誤りとバースト誤り訂正両立の効果を期待できる。

【 0 0 9 0 】

本実施例 1 3 および至図 1 0 の実施例 1 0 に示されるように、本発明による情報記録再生符号化方法および情報記録再生符号化回路の特徴のひとつは、各情報セクタに対する符号誤りの検出・訂正では、該記録媒体からの再生信号系列とともに、第二の符号誤り訂正符号化による復号処理の後に得られた各符号ビットに

対する軟判定復号の情報を用いて、各符号ビットに対する軟判定復号の情報が再び生成しなおされ、これを用いて、上記第二の符号誤り訂正符号化による誤り訂正が繰り返される点にある。また、これに対応する符号化方法の特徴としては、第一の符号誤り訂正符号化がなされた符号系列に対しては、所定の符号置換処理（多くの場合、記録情報セクタと等価な長さの処理単位）とを施した後に、第二の符号誤り訂正符号化が施される点が特徴である。

【 0 0 9 1 】

また、本発明による情報記録符号化回路の特徴は、第一の符号誤り訂正符号化を施す符号回路からの出力符号系列に対しては、冗長符号を付加されたこの出力符号を保持し、置換処理して出力する符号置換回路が具備され、この符号置換回路から出力される符号列に対して、上記第二の符号誤り訂正符号化回路による処理が施されること、および、情報符号系列に対する符号誤りの検出・訂正処理回路では、該記録媒体から供給される再生信号系列を入力するとともに、第二の符号誤り訂正符号化に対する誤り訂正処理回路から供給された各符号ビットに対する軟判定復号の情報を入力する最尤復号器を有して、第二の符号誤り訂正による軟判定符号情報を再入力して各符号ビットに対する軟判定復号を所定回数実施し、第二の符号誤り訂正符号化による上記符号訂正処理を繰り返す動作を行うことを特徴とする。

【 0 0 9 2 】

このように本発明における第二の反復復号では、情報セクタ全体を単位とする繰り返し処理が行われるため、現実の情報記録装置に適用されるにあたっては、復号遅延時間が問題となることが多い。本発明では、この反復復号と合わせて、リードソロモン符号化など硬判定による第一の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正（37）を備えることから、この第一の符号誤り訂正符号化での符号誤りが検出され、かつ、そのすべてを訂正することができなかった場合（ハードディスク装置などにおけるリトライ動作モード）のみ、第二の反復復号を繰り返す方法がとられる。第一の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正（第一の反復復号）、または、第二の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正の繰り返しも同様な方法で必要最小限に押される事ができ、本発明を適用

した回路あるいは記録再生装置における消費電力低減やアクセス時間の低減に対して有効な方法となり、それを具体化する回路を得ることができる。

【0093】

また、このような情報記録符号化回路が集積回路として実装された場合、第一の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正処理、または、第二の符号誤り訂正符号化による符号誤りの検出・訂正処理の繰り返しの回数、または、最大の繰り返し回数を制御するため、この繰り返し回数は、該情報記録符号化回路の外部から設定される。本発明を搭載する集積回路の特徴の一つは、この繰り返し回数を設定し保持するための記憶回路、または、これに設定するためのレジスタおよびインターフェースを具備する点にある。これは、上位の記録再生コントローラに対して、該情報再生回路の最大復号遅延時間を規定する上でも必要である。

【0094】

以上のような実施例により、本発明の提供する情報記録再生回路は、大規模集積回路（LSI）上に搭載することができ、また、小型LSI部品として、磁気ディスク装置など高速・高密度を要求される情報記録再生装置に容易に適用することが可能となる。

【0095】

〔実施例14〕

図13には、本発明の磁気ディスク記録再生装置の構成例を示す。磁気的に情報を記録する記録膜91を基板上に形成した磁気ディスク記録媒体95をスピンドルモータ93で回転させ、アクチュエータ92によって磁気センサ膜を備えた磁気ヘッドスライダ90を磁気ディスク記録媒体95のトラック上に誘導する。この磁気ディスク記録再生装置においては、ヘッドスライダ90上に磁気センサとして搭載した磁気記録ヘッドおよび磁気再生ヘッドが上記の機構によって磁気ディスク記録媒体上の所定の記録位置に位置決めされ、相対運動しつつ信号を順次書き込み、書き込んだ信号を読み取るのである。記録信号は記録再生信号処理系94を通じて磁気記録ヘッドにて、磁気ディスク記録媒体95に記録し、再生の場合は、磁気再生ヘッドの出力を、信号処理系94を経て、信号として得る。

本図では、ヘッドスライダ 9 0、磁気ディスク記録媒体を各一個示したが、これらは複数であってもかまわない。また、磁気ディスク記録媒体 9 5 は、両面に記録膜 9 1 を有して記録しても良い。情報の記録が両面の、場合はヘッドスライダ 9 0 はディスクの両面に配置する。

【 0 0 9 6 】

この磁気ディスク記録再生装置の記録再生信号処理系には本発明の情報記録再生符号化回路を搭載した。本発明の情報記録再生符号化回路を搭載したことにより、磁気ディスク記録媒体から供給される再生信号系列に所定の符号長さの信号消失を加えるとき、または、設定された繰り返し回数を増加させたとき、回路内で実行される反復復号回数の増加によって、該再生信号系列が入力されてから、当該の再生信号系列に対する情報符号系列の復号結果が出力されるまでの時間が増加することを特徴とする。また、同様に、第一の誤り訂正符号化による符号誤り検出・訂正処理を不能として、該記録媒体から供給される再生信号系列に所定の符号長さの信号消失を加えるとき、符号長さが符号列ブロック長以下のある値を超える場合に、情報符号系列の復号結果に生ずる符号誤りが、この信号消失の長さより拡大し、かつ、符号列ブロック長以下の長さに限定されて生ずることも特徴となる。また、さらに第一の誤り訂正符号化による符号誤り検出・訂正処理において、誤り訂正符号が不可能であることを示すフラグが送出されたとき、再生信号系列が入力されてから、当該の再生信号系列に対する情報符号系列の復号結果が出力されるまでの時間が増加すること、あるいは、当該の再生信号系列に対する情報符号系列の復号結果が出力されるまでの時間の増加は、当該の情報セクタの符号内容が出力される時間長以下である点なども、上記実施構成からの特徴である。

【 0 0 9 7 】

上記のような特徴は、本発明が搭載された磁気ディスク装置において、媒体上の所定の記録情報セクタを一度の再生処理で完全に読み出すことができなかったとき、すなわち、リトライモードなどによる再読み出しを行う場合に、本発明繰り返し復号を適用し、磁気ディスク装置の信頼性を確保するのに好適となる。これによって、記録容量・密度の高い磁気ディスク記録再生装置による記録データ

再生の信頼性とアクセス性能・スループットとの両方の向上が実現できる。

【0098】

本発明に基づく、情報記録再生符号化回路を塔載を塔載した情報記録再生装置や情報通信装置も、上記の磁気ディスク記録再生装置と同様の特徴を実現することができる。

【0099】

【発明の効果】

本発明により、ターボ符号化の原理を応用したより強力かつ高速な誤り訂正符号化手段を施した情報記録フォーマット、情報記録再生符号化方法、回路、これを用いた磁気ディスク記録再生装置、情報記録再生装置、並びに情報通信装置を提供することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の情報記録再生系の全体構成例を示す図である。

【図2】

本発明の記録符号器（記録時の符号化回路）の構成例を示す図である。

【図3】

本発明の磁気ディスク記録再生装置における情報記録セクタの情報記録フォーマットの例を示す図である。

【図4】

本発明の誤り訂正復号器（復号時の符号誤り訂正符号化回路）の例示す図である。

【図5】

本発明の記録時の符号誤り訂正符号化回路（ランダムインターリーバ・デインターリーバ）の例を示す図である。

【図6】

本発明のパリティ復号器（回路）に用いられるトレリス復号線図である。

【図7】

本発明における符号冗長器（回路）の畳み込み符号構成例を示す図である。

【図 8】

本発明の記録符号器（回路）の構成例を示す図である。

【図 9】

本発明における記録符号器（回路）の他の構成例を示す図である。

【図 1 0】

本発明の誤り訂正復号器（復号時の符号誤り訂正符号化回路）の別の構成例を示す図である。

【図 1 1】

本発明における記録符号器（回路）のさらに別の構成例を示す図である。

【図 1 2】

本発明における誤り訂正復号器（復号時の符号誤り訂正符号化回路）のさらに別の構成例を示す図である。

【図 1 3】

本発明の磁気ディスク記録再生装置の構成例を示す図である。

【図 1 4】

本発明の磁気ディスク記録再生装置における情報記録セクタの情報記録フォーマットの他の例を示す図である。

【符号の説明】

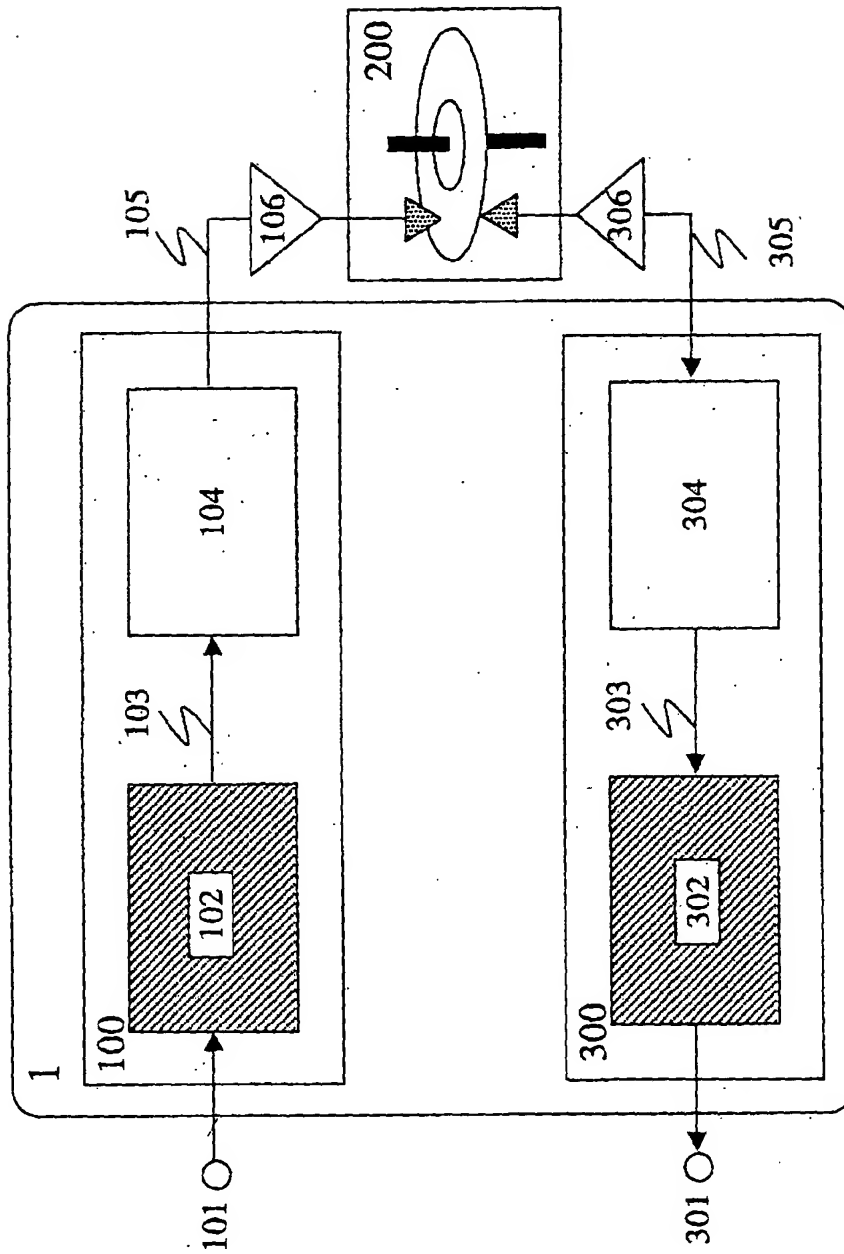
1…記録再生信号処理回路（集積回路）、1 0 0…記録処理系、1 0 1…記録符号情報、1 0 2…符号器（回路）、1 0 3…記録符号系列、1 0 4…記録電流変換回路、1 0 5…記録信号電流系列、1 0 6…記録増幅器（回路）、1 1 5…レジスタ長、1 1 5 a、1 1 5 b…符号レジスタ（記録バッファ回路）、2 0 0…ヘッド・記録媒体系、3 0 0…再生処理系、3 0 1…再生符号情報、3 0 2…復号器（回路）、3 0 3…復号信号系列、3 0 4…再生信号処理回路、3 0 5…再生信号系列、3 0 6…再生増幅器、1 0…誤り訂正符号器（回路）、1 1…誤り訂正符号化系列、1 2…記録符号変調器（回路）、1 3…記録変調符号系列、1 4…連接符号器（回路）、1 5…ランダムインターリーブ、1 5 a、1 5 b、1 5 c…符号バッファ回路、1 6 a、1 6 b…冗長符号器（回路）、1 7 a、1 7 b…符号遅延素子、1 8 a、1 8 b…排他的論理和、1 9…情報符号、1 9 a、1 9 b…冗長符

号ビット系列、20…符号切り替え器(回路)、22…情報符号部、22a…符号ブロック、22b…冗長符号ビット(パリティ符号化ビット)、23…冗長符号部、24…プリアンブル部、31…尤度復号器、33…反復復号器(回路)(ターボ誤り訂正器(回路))、32…軟判定符号情報系列、34…誤り訂正復号系列、35…記録符号復調器(回路)、36…記録復調符号系列、37…誤り訂正復調器(回路)、306…分配器(回路)、307a、307b、307c…軟判定バッファ回路、308…当該符号ブロック軟判定情報系列(ユーザ記録情報部)、308a、308b…当該符号ブロックのパリティ符号部軟判定情報系列、309a、309b…パリティ復号器(回路)、310…更新された軟判定ブロック情報系列a、313a…ランダムインターリーブ、311…置換された軟判定ブロック情報系列a、312…更新された軟判定ブロック情報系列b、314…置換された軟判定ブロック情報系列b、314a…加算器(回路)、314b、314c…減算器(回路)、315…レベル識別器(回路)、316a…インターリーブ、316b…デインターリーブ、317…切り替え器(回路)、317a…指示信号、318…当該符号ブロック帰還軟判定符号情報(ユーザ記録情報部)、318a、318b…当該符号ブロックのパリティ符号部帰還軟判定情報系列、319…集配器(回路)、319b…集配器から出力される当該符号ブロックの帰還軟判定符号情報、320b…当該符号ブロックの帰還軟判定符号情報、32a…軟判定符号情報系列、32b…置換処理後の軟判定符号情報系列、400a…拘束状態(偶数状態)、400b…奇数状態、400c…パリティ符号化ブロック、401…畳み込み符号器(回路)、401a…符号器入力、401c…符号器出力、402…シフトレジスタ(符号遅延素子)、403a、403b、403c…排他的論理和演算素子、500…磁気ヘッドスライダ、501…記録膜、502…アクチュエータ、503…スピンドルモータ、504…記録再生信号処理系、505…磁気ディスク記録媒体。

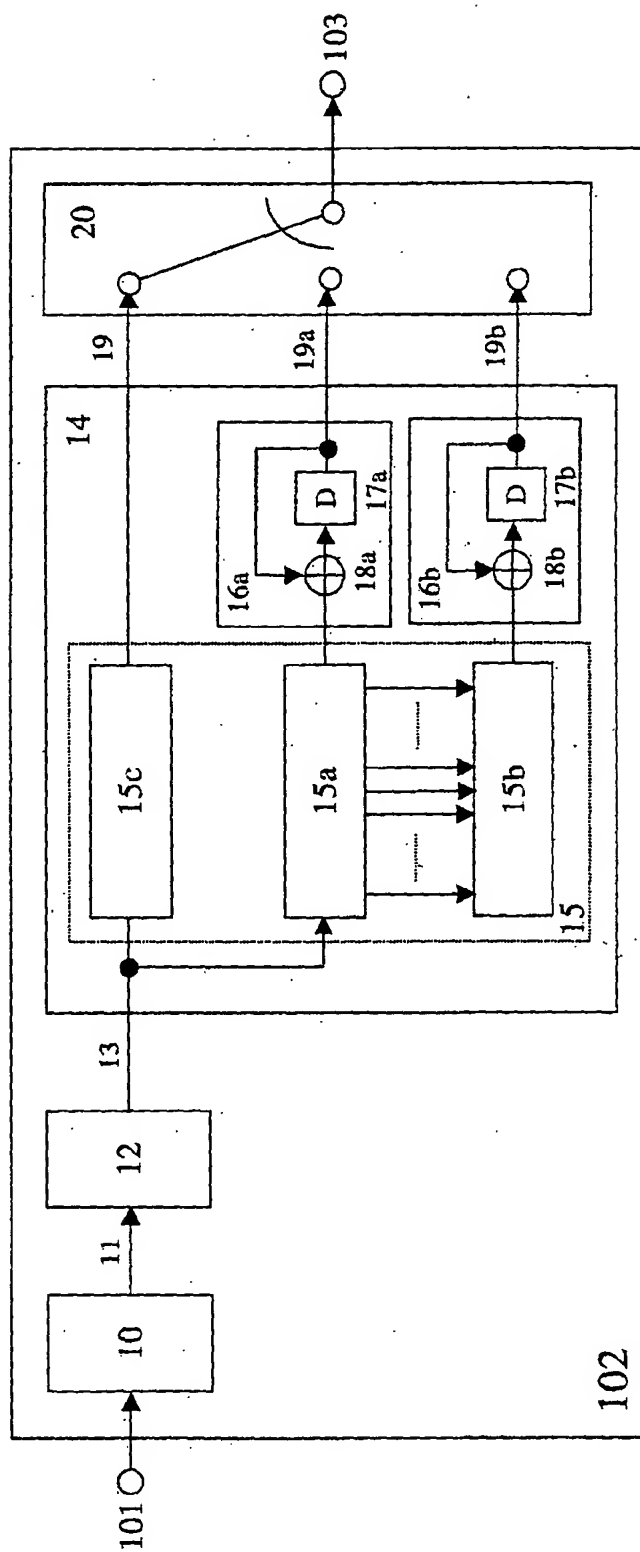
【書類名】 図面

【図 1】

図 1



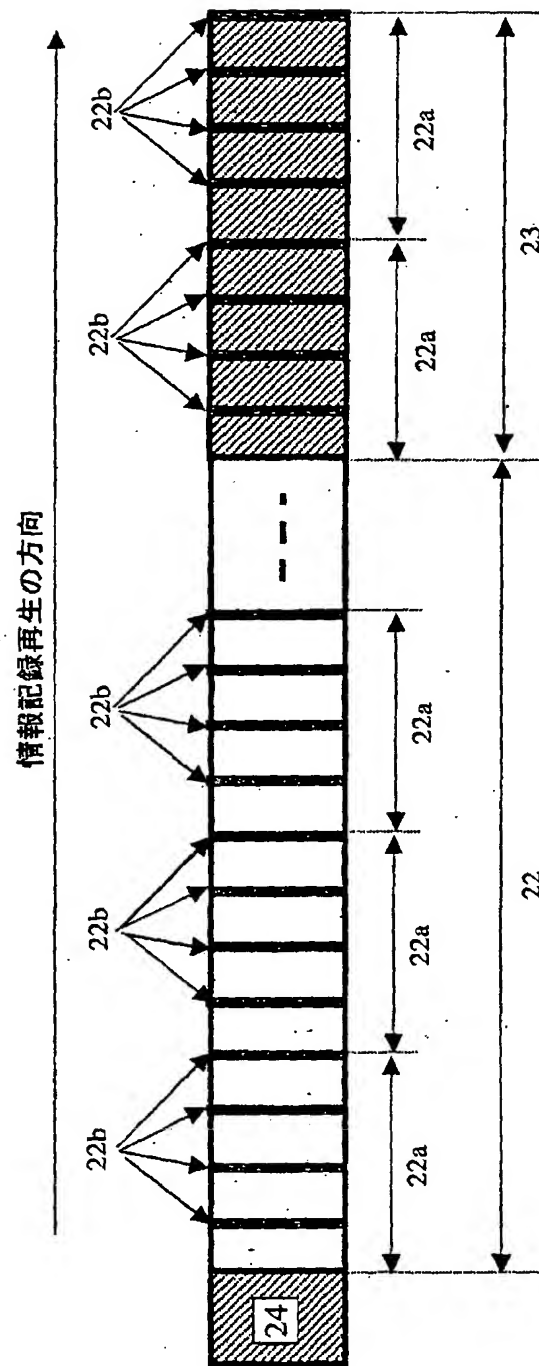
【图 2】



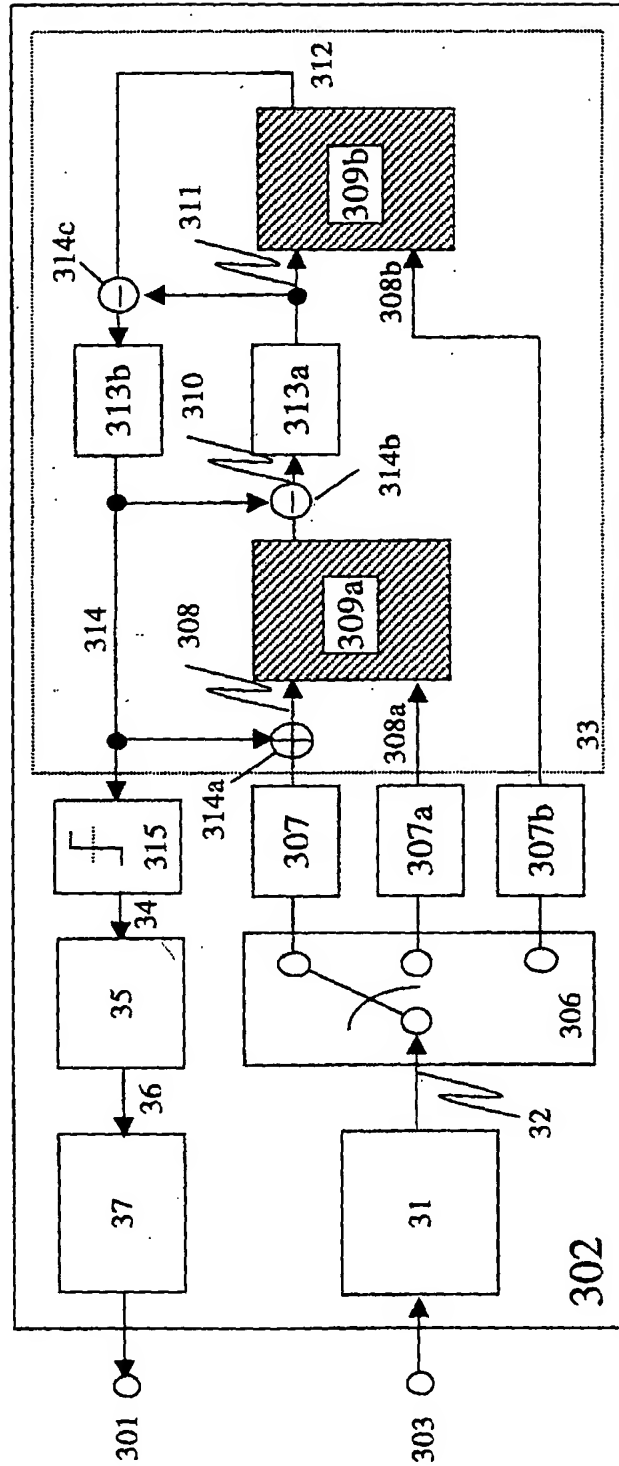
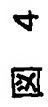
2
☒

【図 3】

図 3



【図4】



【図5】

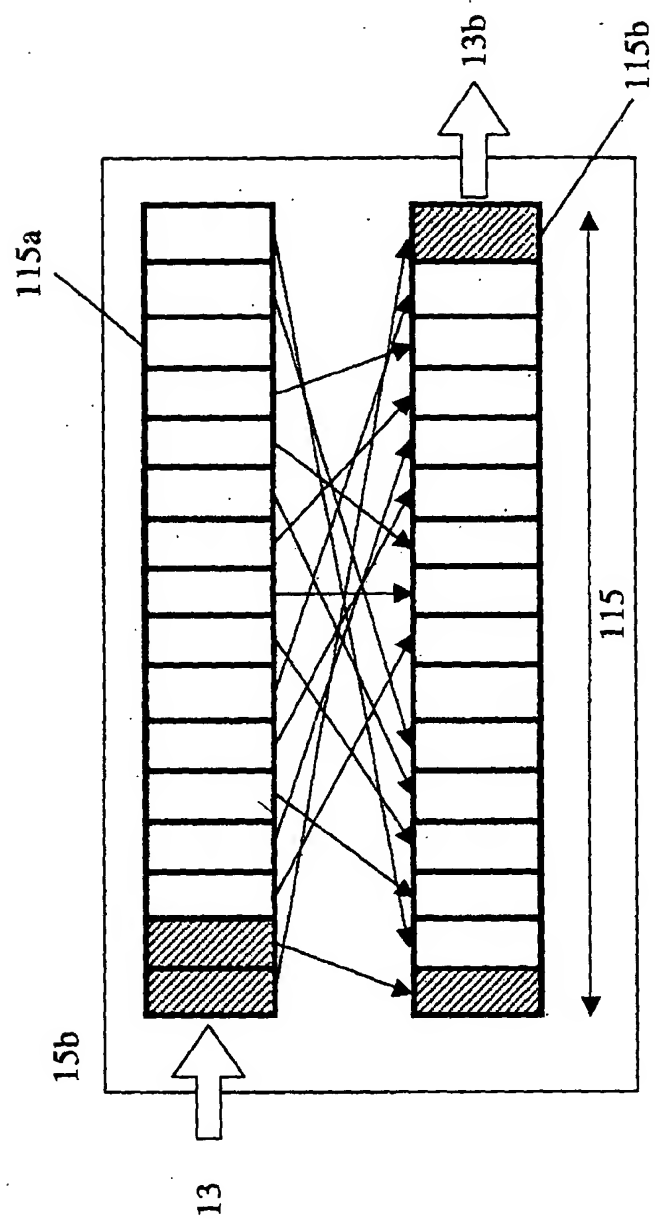
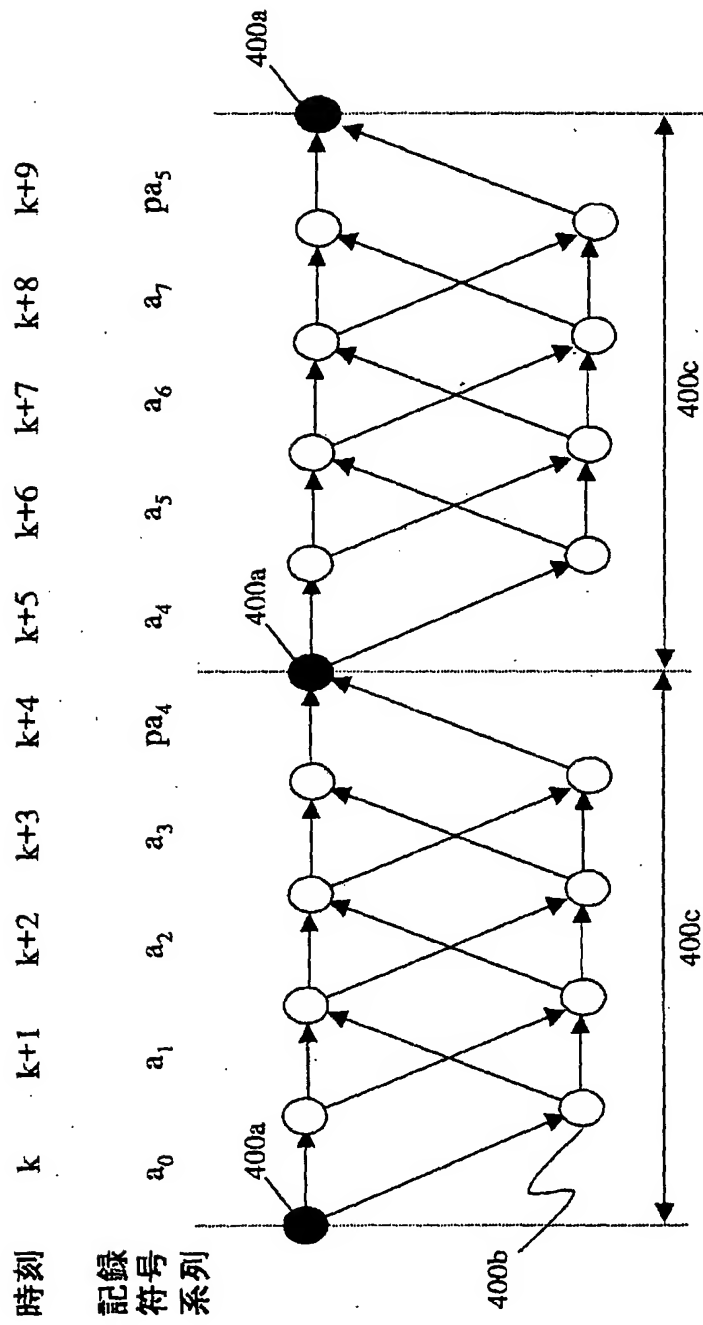


図 5

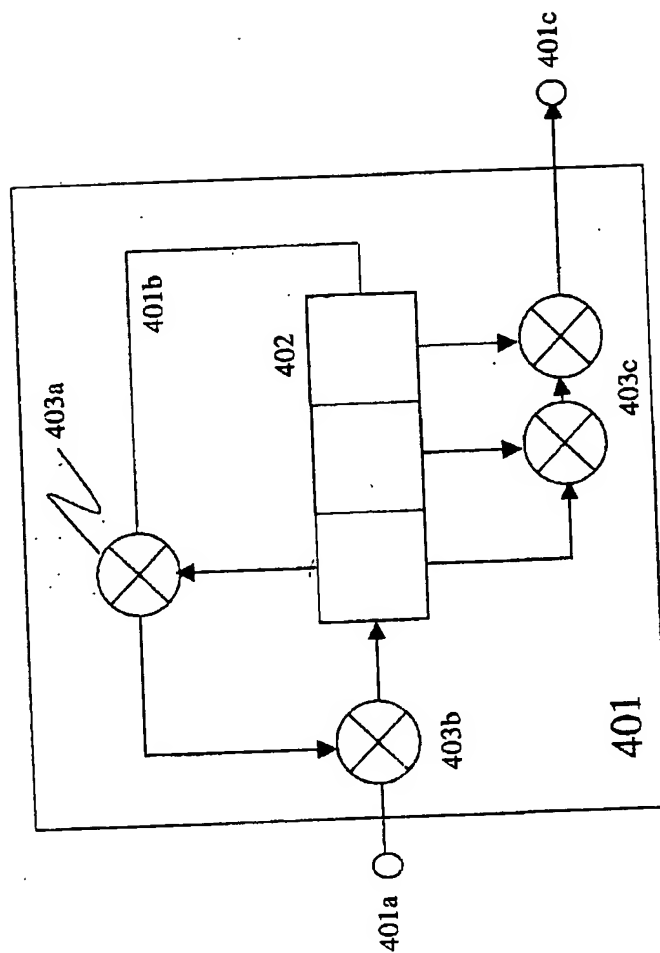
【図6】

図 6



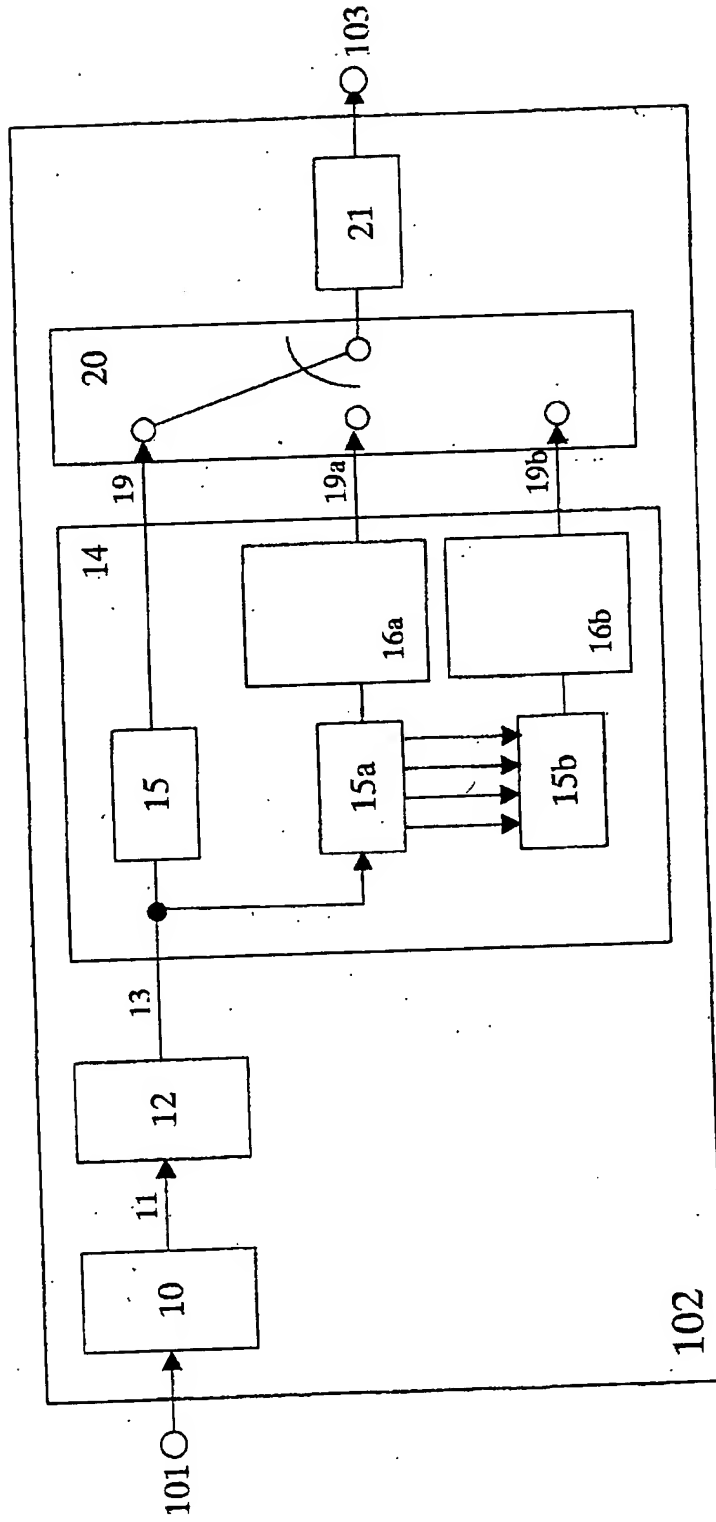
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



【図9】

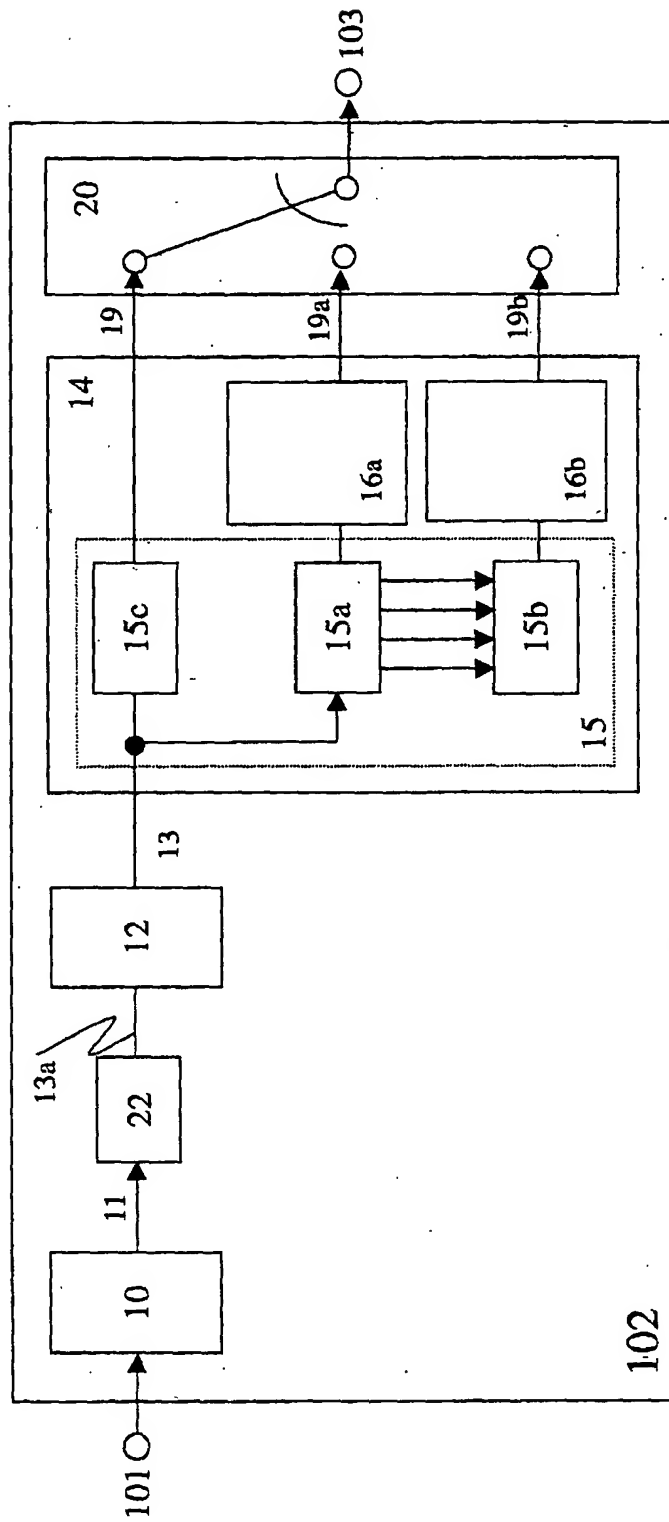


図 9

【図10】

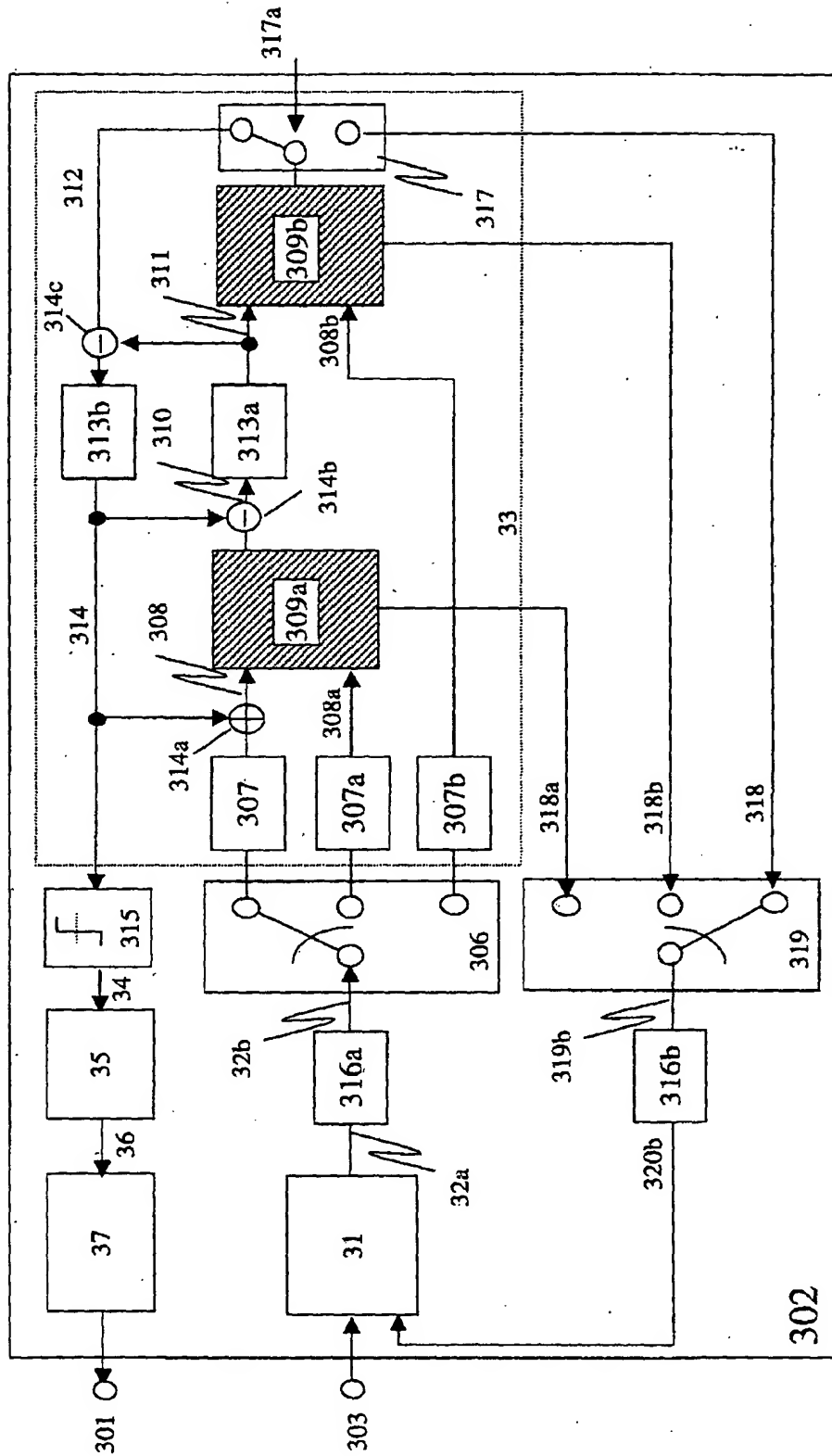


図 10

【図11】

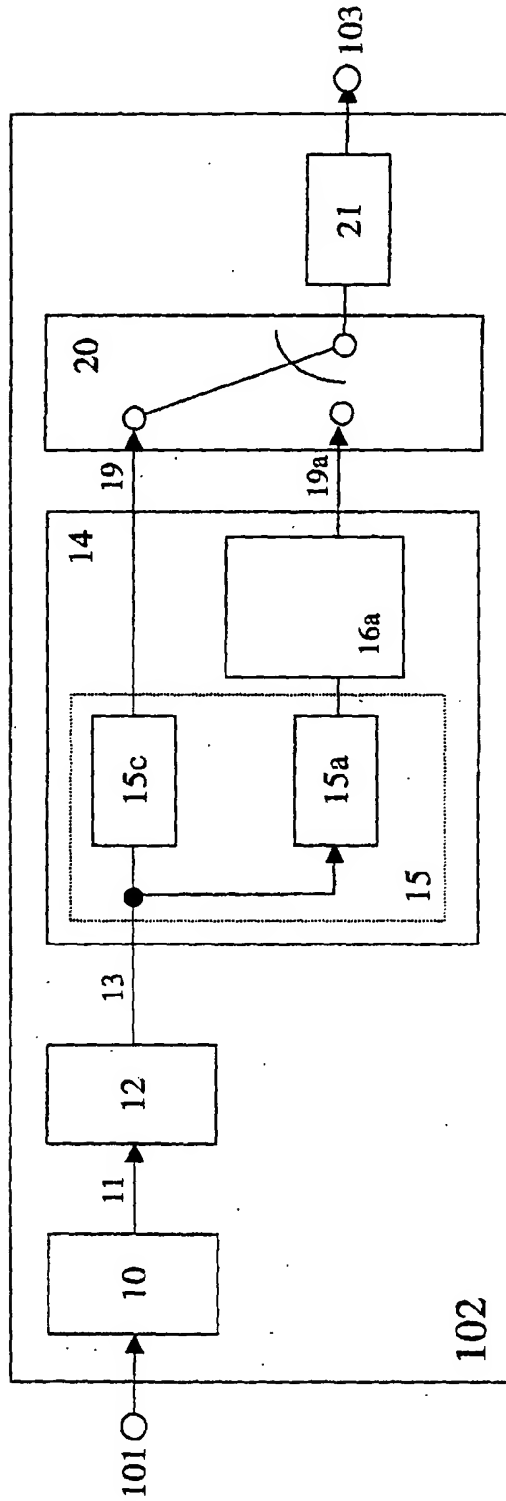


図 11

【図 12】

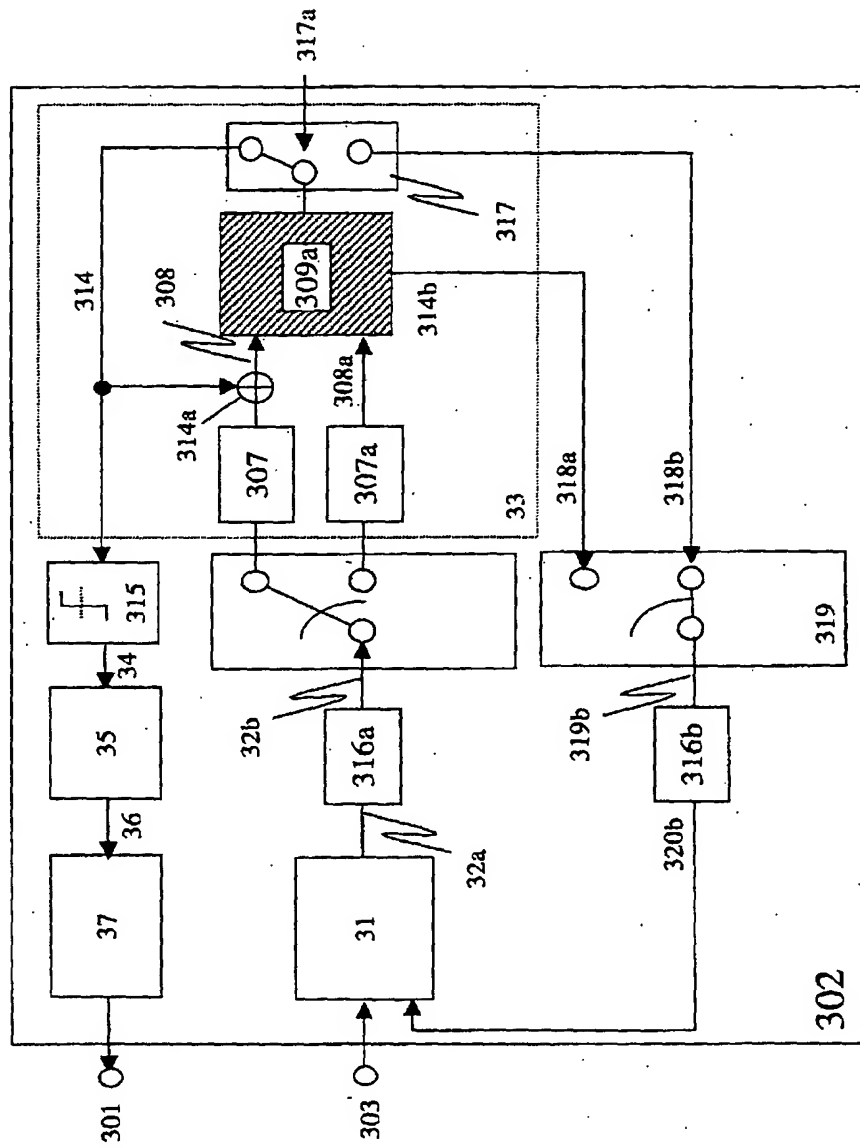
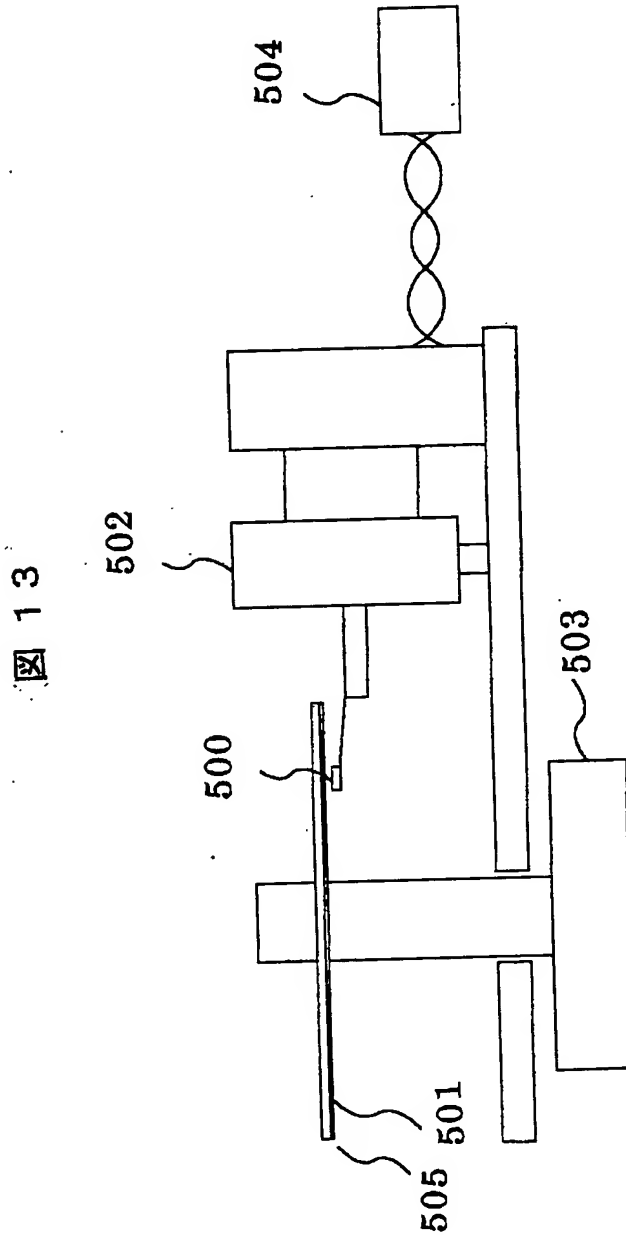


図 12

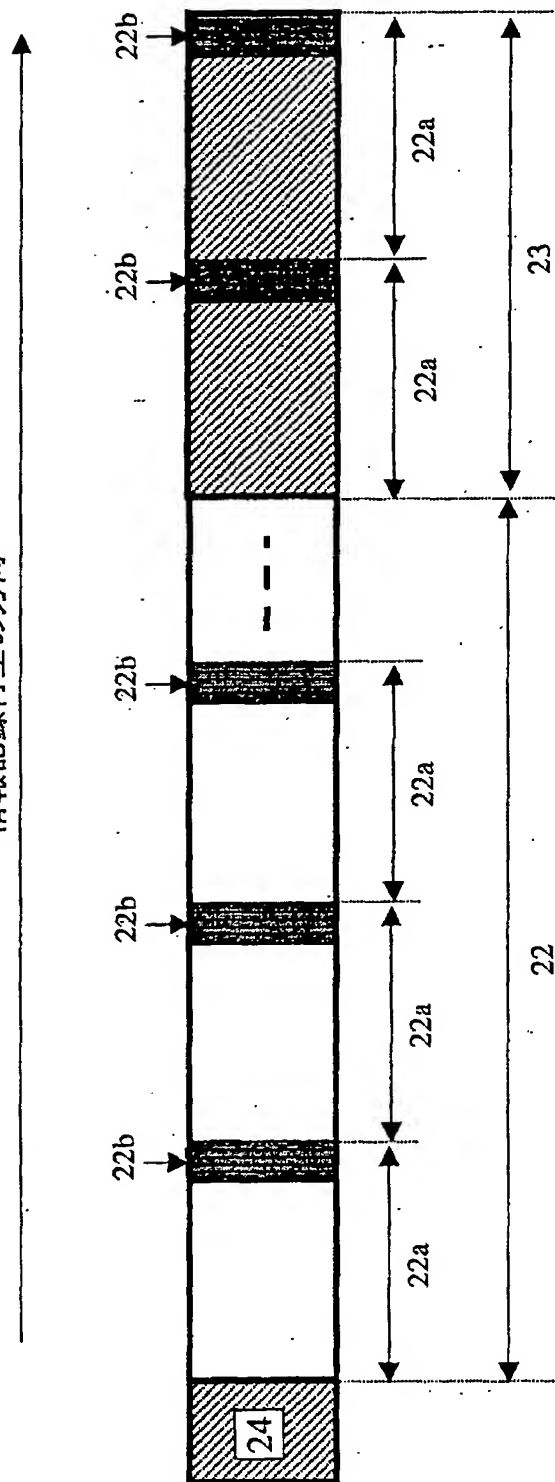
【図 1 3】



【図 1 4】

図 1 4

情報記録再生の方向



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁気ディスク記録再生装置における情報記録再生時のターボ符号の原理に基づくランダム符号誤り訂正符号化において、バースト信号エラーの混入に伴う誤り訂正失敗により生ずる符号誤りの拡散を防止し、これを回復するための符号化方法を提供する。併せて、同原理における誤り訂正処理の繰り返し復号による復号時間遅延の短縮を図り、高速な誤り訂正処理を実現することを課題とする。

【解決手段】 復号符号単位をブロック単位に分割して、個々のブロックに対するランダム符号誤り訂正符号化を施す。バースト信号エラーを保証する誤り訂正符号化との連接符号化を施す。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005108]

1. 変更年月日

1990年 8月31日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名

株式会社日立製作所